Handbuch
der
chemischen Technologie.

In Verbindung
mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet, und herausgegeben von

Dr. P. Bolley,
Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

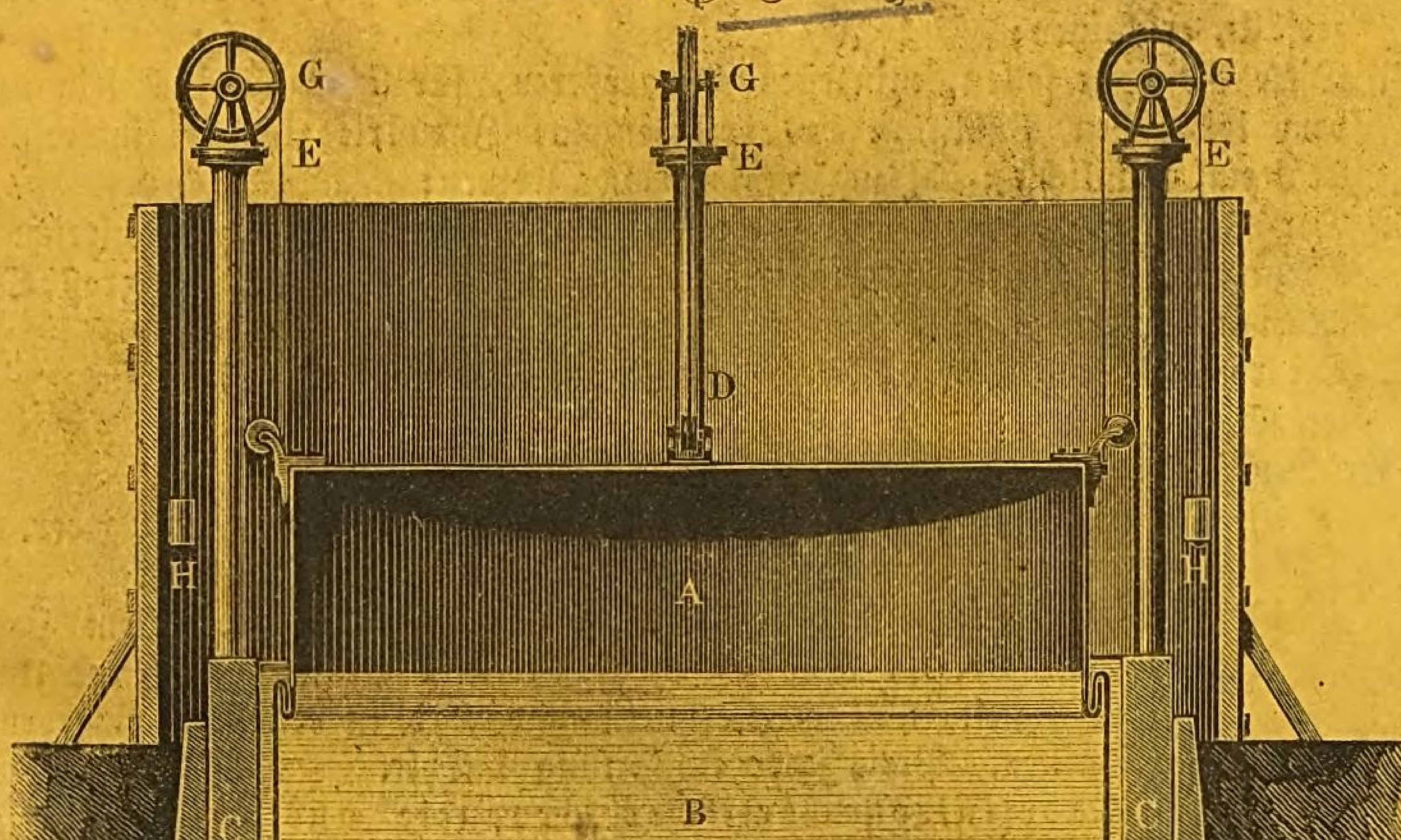
Ersten Bandes zweite Gruppe.

Das Beleuchtungswesen.

Zweite Hälfte.

Die Gasbeleuchtung aus verschiedenen Materialien.

Von Dr. P. Bolley.



Mit 95 in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1862.

Ankündigung.

Dieses Werk hat seit Jahren die Thätigkeit des Herrn Herausgebers, der Herren Mitarbeiter und des Verlegers lebhaft in Anspruch genommen. Es darf dem technischen Publikum nach Plan, Ausführung der Bearbeitung, Ausstattung und Preis empfohlen werden.

Es ist bei dem raschen Vorschreiten der chemischen Technologie ein entschiedenes Bedürfniß geworden, das zerstreute reichhaltige Material, welches die technische Literatur in den letzteren Jahren lieferte, zu sammeln, zu sichten und das Brauchbare übersichtlich zu ordnen. Nur der geringere Theil der Thatsachen, durch welche sich der Umschwung in den Gewerben kund giebt, findet sich ohne Entstellung in technischen Zeitschriften, und was verschwiegen, was zu viel gesagt ist, läßt sich nur durch eigene Beobachtung oder persönliche Beziehung zu kundigen Praktikern herausfinden.

Es stellt sich das vorliegende Werk folgende Aufgaben durch die angegebenen Mittel:

1. Klare und vollständige Darlegung des heutigen Zustandes sämmtlicher auf Chemie gegründeten Gewerbe;
2. Nur durch Theilung des umfangreichen Stoffes unter verschiedene Bearbeiter kann mit Zuversicht der Aufgabe genügt werden, sich der Praxis so nahe als möglich anzuschließen. Sämmtliche Mitarbeiter stehen der Materie der von ihnen übernommenen Abtheilungen des Werkes entweder durch Praxis oder specielle Beobachtung nahe;
3. Das Werk wird in acht Bänden, von denen die Mehrzahl in einzelne Gruppen zerfällt, erscheinen;
4. Diese Gruppen sollen, mindestens die größeren, für sich verkäuflich sein und so dem technischen Publikum das jede einzelne Industrie zunächst interessirende Material thunlichst leicht zugängig gemacht werden;
5. Der Preis wird, einschließlich der reichsten Illustration durch zahlreiche Abbildungen, durchschnittlich nicht über $2^1/_2$ Sgr. pro Bogen in groß Octav-Median betragen;
6. Die rasche Erscheinung ist durch das Zusammenwirken vieler und ausgezeichneter Kräfte gesichert;

Erschienen ist:

a) Die chemische Technologie des Wassers. Vom Herausgeber. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Preis 24 Sgr.

b) Das Beleuchtungswesen. In zwei Abtheilungen. Vom Herausgeber und Dr. G. Wiedemann, Professor der Physik an der Universität zu Basel. Mit Kupfertafeln und 231 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Preis jeder Abtheilung 1 Thlr.

c) Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck, Assistent an der Königl. polytechnischen Schule, Lehrer der Physik und Chemie an der chirurgisch-medicinischen Academie zu Dresden. Mit 46 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Preis 1 Thlr.

d) Die Glasfabrikation. Von W. Stein, Professor der Chemie an der polytechnischen Schule zu Dresden. Mit 233 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Braunschweig, im October 1862.

Friedrich Vieweg und Sohn.

Gasbeleuchtung.

Geschichtliches. Die Entdeckung, brennbares Gas durch trockene Destillation von Steinkohlen darzustellen und zur Beleuchtung zu benutzen, knüpft sich unstreitig an einige englische Namen. Nach Allem, was wir von der Geschichte der Gasbeleuchtung wissen, scheint eine Naturerscheinung den Gedanken der künstlichen Erzeugung leuchtenden Gases hervorgerufen zu haben. In den „Philosophical transactions“ des Jahres 1667 findet sich eine Abhandlung von Shirley über eine brennende Quelle in den Kohlenbergwerken von Wigan in Lancashire. Der Verfasser setzt auseinander, daß nicht das Wasser der Quelle, sondern das mit demselben gemengte Gas die Eigenschaft der Brennbarkeit habe, und daß dessen Ursprung auf die benachbarten Kohlenlager zurückgeführt werden müsse. Ein erst im Jahre 1739 zu Tage gekommenes anderes Actenstück beweist, daß gleichzeitig mit Shirley Dr. Clayton sich mit derselben Sache beschäftigt und zugleich sich bestrebt hat, aus Kohlen ein leuchtendes Gas darzustellen. In den Verhandlungen der königlich großbritannischen Gesellschaft vom Jahre 1739 erscheint nämlich ein Brief Dr. Clayton's an Robert Boyle, der schon 1691 gestorben war, in welchem der Verfasser dieselbe Meinung wie Shirley ausspricht, ferner aber erzählt, daß er aus den gleichen Wigankohlen durch Erhitzen in einer Retorte Theer und einen »flüchtigen Geist« erhalten habe, den er nicht verdichten konnte und von dem er beobachtete, daß er brennbar sei. Er berichtet, daß dieses Gas sich in Thierblasen aufbewahren lasse, daß aber seine Brennbarkeit abnehme, wenn die Blase nicht eine dicke Ochsenblase sei. Es war also damals schon die Diffundirbarkeit der Gase durch derartige Membranen beobachtet worden. Vor der Zeit der Auffindung von Dr. Clayton's Brief an Boyle, nämlich im Jahre 1726, beschrieb Dr. Hales in seiner Pflanzenstatik folgenden Versuch. Er habe durch Destillation von 158 Grain Newcastlekohlen 180 Cubikzoll Gas erhalten, die 51 Grain wogen. Dies Resultat stimmt ziemlich gut mit den heutzutage aus der gleichen Steinkohle gewonnenen Quantitäten. Obschon hier- 124

mit der erste nothwendige und große Schritt zur Entdeckung gethan war, so trat die Sache doch mehr als ein ganzes Jahrhundert lang nicht aus dem bezeichneten Stadium. Es war zwar 1767 von Dr. Watson, Bischof von Llandaff, im zweiten Bande seiner »Chemischen Untersuchungen« veröffentlicht worden, daß das Kohlengas beim Hindurchleiten durch Wasser nicht an Leuchtkraft verliere. Wer die heute gebräuchlichen Mittel der Gasleitung, der Gasaufbewahrung und des Reinigens überschauen kann, dem kann nicht entgehen, von wie großer Wichtigkeit die Entscheidung dieser Vorfrage sein mußte. Erst im Jahre 1790 wurde durch William Murdoch, früher in Truro in Cornwallis wohnend, später Theilnehmer der Fabrik von Boulton und Watt in Soho, der Entdeckung eine praktische Seite abgewonnen. Vielleicht hatte derselbe nicht einmal Kenntniß von den Versuchen Clayton's. Im Jahre 1792 beleuchtete Murdoch sein eigenes Haus zu Redruth mit Gas, er destillirte die Kohlen in eisernen Retorten und leitete das Gas durch verzinnte Eisen- und Kupferröhren in Entfernungen von 70 Fuß.

Er transportirte Leuchtgas in Thierblasen oder in Leder- oder gefirnißten Seidesäcken; er untersuchte mehrere Kohlenarten auf die Menge und Güte des Gases, versuchte dessen Reinigung durch Wasser und construirte mehrere Arten von Brennern. Im Jahre 1798 beleuchtete er bereits einen Theil der großen Fabrikgebäude in Soho, und zur Feier des Friedens von Amiens 1802 waren diese Gebäude mit Gasflammen illuminirt. Zwischen die Jahre 1802 und 1805 fällt dessen Unternehmen der Gasbeleuchtungseinrichtungen der damals größten Baumwollspinnerei in England, derjenigen von Phillipps und Lee. In einer Abhandlung, die 1805 erschien, beschreibt er die Gasbereitung, die Art des Ansammelns in Gashaltern, in welchen auch das Reinigen vorgenommen wurde, so wie die verschiedenen von ihm gebrauchten Brenner. Es liegen ferner Kostenberechnungen von ihm vor, in welchen dargethan wird, daß die Beleuchtung mit Gas vor derjenigen mit Kerzen große Vortheile biete.

Es erstreckten sich eine Reihe der Versuche Murdoch's endlich auf die Herstellung zweckmäßiger Formen für die Retorten. Anfänglich hatte er stehende eingeführt, an welchen einige Nebenapparate zum Ausziehen der Cokes angebracht waren; später ersetzte er jene durch geneigte und zuletzt kam er zu horizontalen Retorten, denjenigen ähnlich, die noch heute gebräuchlich sind.

Die Erfolge Murdoch's bei seiner Beleuchtung der großen Spinnereien in Lancashire entzündeten den Eifer anderer fähiger und unternehmender Köpfe, wie des Chemikers Dr. Henry in Manchester und des Mechanikers Clegg. Es kann nicht bestritten werden, daß namentlich letzterer die glücklichsten Ideen über die Construction der Apparate hatte und ausführte, so daß in sehr wesentlichen Partien der heute gebräuchlichen Einrichtungen beinahe Alles genau so blieb, wie er es vor etwa einem halben Jahrhundert angab.

Clegg soll sogar nach den Angaben seines Sohnes eine andere Spinnerei in Sowerby-bridge noch um vierzehn Tage früher mit Gas beleuchtet haben, als die erste fertig war, die Murdoch mit Gas versah. Einige Andeutungen werden genügen, um zu zeigen, wie Vieles ihm die Erfindung zu verdanken hat. Er legte besondere Reiniger an, erkennend, daß das Reinigen in den Gashaltern un-

genügend und für das Bedürfniß des Auswechsels der Reinigungsflüssigkeit unbequem sei; er führte die nasse Kalkreinigung ein; die Vorlage, oder auch von unseren Gasingenieuren zuweilen »Hydraulik« genannte Sammelröhre mit Theerabsperrung ist seine Erfindung, die Art der Befestigung der Gasentwickelungsröhren an den Retortenköpfen, und die Druckregulirvorrichtungen sind ihm zuzuschreiben, und endlich hat er den Gashalter, »Gasometer«, in der noch heute gebräuchlichen, schwerlich jemals wesentlichen Veränderungen unterliegenden Form hergestellt. Es fehlt in den Jahren von 1808 an nicht an ingeniösen und praktischen Vorschlägen zur Verbesserung der Gasbereitungs- und Leitungseinrichtungen, allein man hat doch Zweierlei zuzugestehen: erstens daß die größten Schwierigkeiten damals schon beseitiget waren und daß eine Unzahl unbrauchbarer Ideen alljährlich auftauchten.

Die Geschichte des Gasbeleuchtungswesens hatte nach den genannten ersten Erfolgen vorerst mehr den Gang der Eroberung nach außen, als der inneren Ausbildung der Einzelnheiten zu machen. Lauter als die Ankündigungen und öffentlichen Vorträge einiger heißblütiger Apostel, wie die eines Winsor, sprachen die natürlichen Vortheile der neuen Beleuchtungsart für deren Ausbreitung. Es galt zunächst die Einführung des Gases für die öffentlichen Beleuchtungszwecke. Im Jahre 1809 wurde die privilegirte Gasbeleuchtungscompagnie für die Beleuchtung von London und Westminster gegründet, die angestellten Ingenieure Winsor, Accum und Hargreaves scheinen jedoch der Aufgabe nur unvollkommen nachgekommen zu sein, und die Ausführung der sehr bedeutenden Gaswerke wurde Clegg übertragen. Im Jahre 1813 war zum ersten Male die Westminsterbrücke beleuchtet. In Paris wurde die öffentliche Beleuchtung im Jahre 1815 durch Winsor eingeführt. Die Periode von 1815 bis 1824 ist eine der ergiebigsten an Erfindungen, die mit der Gasbeleuchtung im Zusammenhange stehen. Es fällt in dieselbe (1815) das Patent von John Taylor, Leuchtgas aus Oel zu bereiten; die Städte Liverpool, Bristol und Hull führten diese Beleuchtungsart ein. Trotz der Vorzüglichkeit des Gases (das frei von Schwefelwasserstoff war) wurden sämmtliche Oelgasfabriken aus ökonomischen Gründen allmälig in Kohlengaswerke umgewandelt.

Das transportable Gas oder comprimirte Gas stammt aus dem Jahre 1819, in welchem David Gordon ein Patent für dessen Erzeugung nahm. Auch das Harzgas wurde ungefähr zur nämlichen Zeit von Professor Daniell erfunden, und dasselbe hat sich an einigen Orten, auf dem Continent namentlich, ziemlich lange erhalten.

Nach dem Beispiel Englands nahm in den verschiedenen Ländern des europäischen Festlandes seither die Einführung des Leuchtgases fortwährend zu. Die Preise des Gases sind namentlich in Großbritannien wesentlich niedriger geworden, als sie noch im vorigen Jahrzehent standen. Es ist zum Schlusse die Einführung des Holzgases in vielen Städten Europas zu notiren, für dessen Reinigung und Brauchbarmachung zu einer mit Steinkohlengas concurrenzfähigen Beleuchtung namentlich M. Pettenkofer in München sich wesentliches Verdienst erwarb. Die Wiederaufnahme der früher schon von Anderen gemachten, aber für fruchtlos er-

klärten Versuche, aus Holz Leuchtgas darzustellen, durch **Pettenkofer**, fällt in den Anfang des vorigen Jahrzehents.

Steinkohlengasbeleuchtung.

125 **Rohmaterial.** Unter den fossilen Brennmaterialien, die in der Technologie der Heizung ausführlicher zu besprechen sein werden, sind es vorwiegend die eigentlichen Steinkohlen, die man auch unter dem Namen Schwarzkohle unterscheidet, welche zur Gasbereitung dienen. Die jüngeren Kohlengebilde, wie die »Braunkohle« oder der »Lignit«, werden nur ausnahmsweise und schwerlich mit Vortheil zu diesem Behufe gebraucht. Es ist ganz ausgeschlossen von jeder Anwendung zur Fabrikation von Leuchtgas die älteste Steinkohle, der Anthracit. Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch wird auch die Kannelkohle und die Bogheadkohle den eigentlichen Steinkohlen beigezählt. Wenn jedoch unter letzteren ein Gebilde verstanden wird, das seiner Hauptmasse nach aus chemisch veränderten, aber dem Bau nach größtentheils erhaltenen Vegetabilien besteht, so darf die Bogheadkohle hierzu nicht gerechnet werden. Diese ist vielmehr als ein mit bituminöser Substanz reichlich getränktes Gestein anzusehen, in welchem nur selten Andeutungen von Pflanzenzellenstructur zu erkennen ist, das sich ferner durch den braunen Strich und den viel größeren Aschengehalt von der Steinkohle unterscheidet. Die Tauglichkeit und Ausgiebigkeit einer Steinkohle zum Gasbereiten wird am passendsten durch einen Destillationsversuch entschieden, indessen hat sich in der Meinung der Techniker noch ein anderes Merkmal festgestellt, das der Erwähnung werth ist. Bei der trockenen Destillation der Steinkohlen beobachtet man, daß der Rückstand (Cokes) in seinem Aussehen und anderen Eigenschaften wechsle, je nach der Art der Kohle, die man dem Proceß unterwarf. Gewisse Kohlen blähen sich bei der Destillation etwas auf und die Cokes, welche sie zurücklassen, bilden eine zu größeren Stücken vereinigte Masse. Man nennt diese »**backende Kohlen**«. Andere Kohlen zeigen nach der Destillation keine Spur von Schmelzung, waren sie in Pulvergestalt dem Proceß unterworfen worden, so behalten sie diese bei. Man nennt derartige Kohlen »**Sandkohlen**«. Zwischen beiden liegt Kohle, die wenig zusammenbackt und deren Volumen durch Erhitzung nicht zunimmt, sie heißt »**Sinterkohle**«. Nach der Annahme der Gasingenieure eignen sich vorzugsweise die backenden Kohlen zur Gasbereitung. Es ist zwar richtig, daß vielen backenden Steinkohlen ein beträchtlicher Wasserstoffgehalt zukommt, und von dessen Vorhandensein und Menge hängt ja doch die Möglichkeit der Gasgewinnung und die Ausbeute ab — allein auf der anderen Seite giebt es Steinkohlen mit verhältnißmäßig geringerem Wasserstoffgehalt, die ebenfalls zu den backenden gehören. Das Merkmal ist daher ein nicht untrügliches.

In dem Abschnitt von der Heizung wird die chemische Constitution der Steinkohlen durch Zusammenstellung größerer Reihen der besseren Analysen genauer erläutert werden. Hier können wir uns auf einige charakteristische Beispiele beschränken, um das Verständniß des Zusammenhanges zwischen Rohstoff und den Producten herzustellen.

Art (Fundort) der Kohle.	Analysirt von	Kohlenstoff Procent.	Wasserstoff Procent.	Sauerstoff Procent.	Stickstoff Procent.	Asche Procent.	
Wigancannelkohle .	F. Baur	80,07	5,53	7,90	2,05	2,07	
Cannelkohle v. Edinburg	Richardson	67,597	5,405	12,432		14,566	
Cannelkohle von Lancashire	Regnault	83,75	5,66	8,04		2,55	
Boghead-Cannelkohle (Torbane) . . .	Russel	65,34	9,12	5,46	0,71	18,68	0,54 Wasser 0,15 Schwefel
Rive de Gier (Grube Cinnetier) . . .	Regnault	82,04	5,27	9,12		3,57	Backende Cokes
Saarkohle (Duttweiler)	Heintz u. Baer	83,63	5,19	9,06	0,60	1,52	
Newcastlekohle . .	Heintz u. Baer	76,87	4,99	10,13	1,86	6,15	
Anthracit (v. Swansea)	Regnault	90,45	2,43	2,55		4,67	Cokes, sandig.
Anthracit v. Lamare (Isère)	Regnault	89,77	1,67	3,99		4,57	
Lignit vom Meißner (Hessen)	Regnault	71,71	4,85	21,67		1,77	

Beschaffenheit der gasförmigen Destillationsproducte. Lassen 126
wir vorläufig dahingestellt, wie groß die Menge der gasförmigen Producte ist, die durchschnittlich von den verschiedenen Steinkohlenarten gewonnen wird. Es ist oben (Seite 92) bei der Betrachtung der flüchtigen Destillationsproducte, die zu Beleuchtungszwecken dienen, sowie in der Einleitung, die vom Wesen der Flamme handelt, angegeben worden, daß sich und im Allgemeinen auch welche gasförmige Körper bei der trocknen Destillation organischer oder fossiler Brennmaterialien entwickeln. Die flüchtigen und in den Leitungs- und Reinigungsapparaten nicht zur Verdichtung kommenden Producte sind theils eigentliche Gase, theils Dämpfe. Sie lassen sich sämmtlich eintheilen in nichtbrennbare und brennbare Körper, und letztere wieder in hellleuchtende und solche, die ohne eine hinlänglich helle, zur Beleuchtung an und für sich brauchbare Flamme brennen. Zu den ersteren gehören Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdämpfe, ferner die in immer nur geringer Menge vorkommenden: schweflige Säure und Ammoniakdämpfe. Unter den brennbaren haben der Wasserstoff, das Kohlenoxyd und der leichte Kohlenwasserstoff (das Gruben- oder Sumpfgas) nur sehr geringe Leuchtkraft. Es kommen ferner in den noch nicht gereinigten Gasmengen zuweilen Schwefelwasserstoff,

Schwefelkohlenstoff und Cyangas vor, von welchen das Nämliche zu sagen ist. Durch größere Leuchtkraft zeichnen sich das Elaylgas, C_4H_4, und das Ditetrylgas, C_8H_8, aus. Unter den dampfförmigen, dem Leuchtgas beigemengten Stoffen sind besonders die von der allgemeinen Formel C_nH_n, einige aus der Benzolreihe C_nH_{n-6} und vielleicht noch andere der Menge nach untergeordnete zu zählen, wie deren mehrere bei der Aufzählung der Theerbestandtheile genannt sind.

Ueberlegt man, daß mehrere der genannten gas- oder dampfförmigen Körper in höherer Temperatur zerlegt werden, wie z. B. das Elaylgas in leichten Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff einerseits und Kohlenstoff oder ein theerartiges Product andererseits, so begreift es sich leicht, daß ein durch Destillation aus einer und derselben Steinkohlenart gewonnenes Leuchtgas in Qualität und dem relativen Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile sehr abweichende Eigenschaften haben kann, je nach der Temperatur, bei der es erzeugt worden. Es wird von diesem Einfluß der Temperatur auf die Beschaffenheit des Gases später noch die Rede sein. Hier mögen die Resultate der Analyse einiger Leuchtgase aus Steinkohlen Platz finden, um an diesen Beispielen die Rolle der einzelnen Bestandtheile erläutern zu können. Die Gase, welche der Untersuchung unterworfen wurden, waren gereinigte.

Art des Gases.	Analysirt von	Elaylgas.	Ditetrylgas.	Grubengas.	Wasserstoffgas.	Kohlenoxyd.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.
Steinkohlengas aus der Gasfabrik in Heidelberg . . .	Landolt	4,13	3,14	38,40	44,00	5,73	0,00	4,23	0,37
Wigancannelkohlegas	Frankland	Elaylgas und Homologe 10,81		41,99	35,94	10,07	Spuren		1,19
Bogheadcannelkohlegas	„	24,50		58,38	10,54	0,58	—	—	0,00

Es ist zu diesen Analysen zu bemerken, daß auf die dampfförmigen verdichtbaren Körper, Benzin, Naphtalin u. s. w., die sich in sämmtlichen aus Steinkohlen bereiteten Gasarten auffinden lassen, keine Rücksicht genommen ist.

Man ersieht auf den ersten Blick aus diesen Analysen, daß die nicht brennbaren Gase in untergeordnetem Verhältniß vorhanden sind. Es ist zwar Stickstoff und Sauerstoff in gereinigtem Leuchtgas zuweilen in größerer Menge gefunden worden, als in den vorliegenden Gasproben, und die Kohlensäure tritt in weniger gut gereinigten Gasen häufig auch in ziemlich stärkerem Verhältnisse auf, indessen sind diese Gase, wenigstens im Leuchtgas aus Steinkohlen, wie aus deren Zusammensetzung sich ergiebt, immer nur in geringerem Verhältniß zu erwarten.

Bei weitem in stärkster Menge findet sich die Gruppe der zwar brennbaren, aber wenig leuchtenden Gase repräsentirt, aber unter diesen in geringster Menge das Kohlenoxyd. Wäre die leuchtende Eigenschaft des Steinkohlengases lediglich den beiden als starkleuchtend bekannten Gasen, dem Elayl- und Ditetryl- oder Butylengas zuzuschreiben, so müßten sämmtliche übrigen Gase als schädliche Beimengungen angesehen werden. Sie haben jedoch, wenigstens ein Theil derselben, einen ganz wichtigen und vortheilhaften Einfluß.

Es ist schon angeführt worden, daß Dämpfe sowohl flüssiger als starrer aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehender Körper in den zum Beleuchten dienenden Gasgemengen enthalten sind. Nehmen wir einen dieser Körper heraus, das Benzol oder Benzin, von welchem dargethan ist, daß es sich im Steinkohlengas findet, um an seinem Verhalten die Rolle der nicht oder wenig leuchtenden Gasarten darzuthun. Wird Benzindampf angezündet, so erhält man eine zwar stark leuchtende, aber leicht dem Rußen ausgesetzte Flamme. In noch höherem Maße ist dies der Fall bei dem Dampfe des Naphtalin, eines noch kohlenstoffreicheren Körpers als das Benzin. Werden aber solche Dämpfe mit Wasserstoffgas gemischt und entzündet, so ist die Unannehmlichkeit des Rußens beseitigt.

Wird durch flüssiges Benzin ein Strom irgend eines Gases geleitet, so wird eine größere oder geringere Menge desselben von dem Gase aufgenommen. Wie es mit dem in der atmosphärischen Luft vertheilten Wasserdampf der Fall ist, wird der Dampf des Benzin in dem Gase aufgelöst bleiben, bis dasselbe unter die Temperatur abgekühlt wird, bei welcher es mit Benzindampf gesättigt ist. Ganz Aehnliches erfolgt, wenn ein Gas z. B. mit Naphtalindampf in Berührung kommt; dasselbe nimmt eine gewisse Menge Naphtalin auf und behält dasselbe, obgleich seine eigene Verdampfungstemperatur sehr hoch liegt, aufgelöst, bis Umstände eintreten, unter welchen das Gas mit Naphtalin übersättigt ist. Die Eigenschaft, Dämpfe leuchtender bei gewöhnlicher Temperatur fester oder flüssiger Kohlenwasserstoffe aufzunehmen, kommt allen Gasen, wenn auch vielleicht in ungleichem Grade, zu, und aus diesem Verhalten leitet sich der vortheilhafte Einfluß der nicht leuchtenden Gase ab.

Ehe wir untersuchen, welchem der schwach leuchtenden Gase der Vorzug zu geben sei, haben wir einen Blick auf die Rolle der nicht leuchtenden Gase, also des Stickstoffs, Sauerstoffs und der Kohlensäure, zu werfen und zu fragen, ob ihnen die gleichen Vorzüge zugestanden werden müssen, wie den wenig leuchtenden. Gewiß nehmen auch sie Dämpfe der mehrfach erwähnten Kohlenwasserstoffe auf. Denken wir uns aber z. B. den Stickstoff als Träger solcher Dämpfe, so wird begreiflich beim Verbrennen des Gemisches der Stickstoff abkühlend wirken müssen, da er, selbst nicht brennbar, die brennbaren Theile verdünnt. Er muß auf die Verbrennungstemperatur des brennbaren Theils des Gemisches, also der kohlenstoffhaltigen Dämpfe, gebracht werden, wenn nicht die Gefahr des Erlöschens eintreten soll. Nur dann also, wenn das Gemenge reich an brennbaren Dämpfen ist, wird die schädliche Nebenwirkung des nicht brennbaren Gases aufgehoben werden.

Ein anderes Verhältniß tritt ein, wenn wir Sauerstoff als Auflösungsmittel eines brennbaren dampfförmigen Kohlenwasserstoffs annehmen. Der Sauerstoff

ist zwar auch nicht brennbar, aber, wie bekannt, ein dem Verbrennungsproceß ganz nothwendiges Element. Sauerstoff mit brennbaren Gasen oder Dämpfen innig gemengt wird die Wirkung hervorbringen, daß die letzteren viel energischer und durch die ganze Masse hindurch verbrennen, während sie, unvermischt, mehr nur an der Außenseite des Gasstromes verbrennen, im Innern aber eine kurze Zeit lang weiß glühen und dadurch (siehe Einleitung: das Wesen der Flamme) Kohlenstoff abscheiden, der, ebenfalls glühend, die Hauptursache des Leuchtens ist.

Mit einem Worte, die Beimischung des Sauerstoffs kann der Lichtentwickelung nur schaden, die Hitzeentwickelung wird aber erhöht werden.

Ueber den Vorschlag: atmosphärische Luft, mit Benzoldampf gesättigt, als Beleuchtungsmittel zu gebrauchen, sei hier nur das gesagt, daß zum Brennen desselben weite Brennermündungen und ein langsamer Gasstrom nöthig sind. Die Flamme aus engen Mündungen ist sehr klein und von ganz unbedeutender Leuchtkraft, durch schnelleres Nachströmenlassen des Gases wird sie aber, der abkühlenden Wirkung der Luft wegen, leicht ausgelöscht.

Auch die Kohlensäure bewirkt eine Schwächung der Lichtentwickelung. Kommt Kohlensäure, gemengt mit kohlenstoffhaltigen brennbaren Gasen oder Dämpfen, in Glühhitze, so wird sie zerlegt, indem sie die Hälfte ihres Sauerstoffs abgiebt und Kohlenoxyd bildet; das Kohlenoxyd ist zwar ein brennbares Gas, allein es verbrennt mit wenig leuchtender Flamme.

Es scheint aus der auffallenden Trübung, welche Gasflammen durch Beimengung einiger Procente Kohlensäure erfahren, hervorzugehen, daß der bei Zerlegung der Kohlensäure frei werdende Sauerstoff sofort zur Verbrennung des glühenden freien Kohlenstoffs dient, also ähnlich wirkt, wie freier Sauerstoff, wenn sich dieser in dem Gasgemenge findet. Der nicht zur Zerlegung und Wiederverbrennung gelangende Theil der Kohlensäure kann aber ebenfalls nur verdünnend und abkühlend auf die übrigen brennenden Gase einwirken; wir haben demnach auch die Gegenwart der Kohlensäure als schädlich anzusehen.

Die Rolle der schwach leuchtenden Gase, des Wasserstoffs, des Grubengases und Kohlenoxydgases, ist verschieden von derjenigen der eben besprochenen Gruppe. Abkühlend und dadurch den Verbrennungsproceß beeinträchtigend können sie nicht wirken, dagegen bedingt ein jedes derselben gewisse andere Erscheinungen, die den Beleuchtungszwecken fremd sind, ja theilweise nachtheilig sein können. Es tritt bekanntlich bei stärkerer Beleuchtung geschlossener Räume mit Gas alsbald eine Temperaturerhöhung ein, die lästig werden kann. Es ist daher nicht unwichtig, der Frage nachzugehen, ob eines der drei schlecht leuchtenden Gase vor den anderen einen Vorzug habe, d. h. ob sie unter der Voraussetzung, daß sie sich gleichstehen hinsichtlich der Fähigkeit, sich mit Dämpfen zu sättigen, bei ihrer Verbrennung verschiedene Menge von Wärme entwickeln. Es ist ein zweiter Umstand zu erwägen, ob die Verbrennungsproducte des einen ihrer Art und Menge nach nicht lästiger sind, als die des andern. Ein Gramm Wasserstoffgas liefert bei seiner Verbrennung zu Wasser 34462 Wärmeeinheiten, d. h. ist im Stande, 34462 Gramm Wasser von 0° auf 1°, oder von 1° auf 2° Celsius, kurz um einen Grad Celsius zu erwärmen. 1 Gramm Kohlenoxyd liefert nur 2403 Wärmeeinheiten und 1 Grm. Sumpfgas 13063 Wärmeeinheiten. Wir haben uns aber

bei unserer Untersuchung nicht um die Effecte zu kümmern, die von gleichen Gewichtsmengen der drei Gase hervorgebracht werden, sondern zunächst darum, was gleiche Volumina der betreffenden Gase leisten.

Ein Liter Wasserstoffgas ist im Stande, bei seiner Verbrennung zu Wasser	3088 Grm. Wasser
Ein Liter Kohlenoxyd desgleichen	2631 » »
Ein Liter Sumpfgas desgleichen	9316 » »

um 1° C. zu erwärmen.

Wir sehen hieraus, daß ein Volumen des leichten Kohlenwasserstoffgases die stärksten Wärmeeffecte unter den drei Gasen hervorbringt, daß also ein größerer Gehalt desselben im Leuchtgas hinsichtlich dieser unter Umständen unangenehmen Nebenwirkungen bedenklich sein kann. Jedes der drei Gase braucht zu seiner Verbrennung Sauerstoff; das Wasserstoffgas die Hälfte seines Volumens, um Wasser zu bilden. Das Kohlenoxyd die Hälfte seines Volumens, um ein Volumen Kohlensäure zn bilden. Das Grubengas bedarf aber das doppelte Volumen Sauerstoff und bildet damit neben Wasser ein Volumen Kohlensäure. Also auch in dieser Erwägung stellt sich das Grubengas als das schädlichste heraus, und wir müssen zugeben, daß das Wasserstoffgas als dasjenige, welches viel weniger Wärme (bei gleichem Volumen) giebt, das keine der Function des Athmens nachtheilige Kohlensäure liefert, und nur die Hälfte des eigenen Volumens an Sauerstoff zu seiner Verbrennung anspricht, der geeignetste Träger für die leuchtenden dampfförmigen Körper ist.

Was die Rolle der das Leuchten eigentlich bedingenden Körper betrifft, so hat man früher immer angenommen, es sei hauptsächlich das Elayl- oder ölbildende Gas, welchem in den Leuchtgasgemischen diese Eigenschaft zukomme. Sobald man das damit homologe Butylengas (Butyren oder Ditetryl, das sich bei — 18° C. zu einem dünnflüssigen Liquidum verdichtet) in dem aus fetten Oelen bereiteten Leuchtgas entdeckt hatte, wurde dasselbe auch im Steinkohlengas aufgesucht und gefunden.

Versuche, die Pitschke mit dem von der englischen Gesellschaft in Berlin gelieferten Steinkohlengas anstellte, die aber unseres Wissens bis jetzt anderwärts nicht wiederholt worden, deuten darauf hin, daß wenigstens in einzelnen Fällen das Elaylgas im Steinkohlengas sehr gering, dessen Leuchtvermögen also anderen und zwar, wie er fand, durch Kälte condensirbaren Körpern zugeschrieben werden muß. Als solche bezeichnet er zunächst Benzin, meint aber auch, dem Naphtalin komme die Rolle des Leuchtens in nicht geringem Grade zu. Er zeigte, daß sich Nitrobenzin beim Durchleiten des Steinkohlengases durch rauchende Salpetersäure bilde, daß Aether, durch welchen man den Gasstrom führte, beim Verdunsten Naphtalin und Benzin zurücklasse, daß endlich das Steinkohlengas durch eine 30 Fuß lange und auf — 18° C. abgekühlte Röhre geleitet, viel Benzin und Naphtalin absetzte, daß aber das diesen Einflüssen ausgesetzte (nöthigenfalls gewaschene und dadurch von Aetherdampf oder salpetriger Säure befreite) Steinkohlengas beträchtlich an Leuchtkraft eingebüßt habe. Wenn einerseits bekannt ist, daß Benzin in Dampfgestalt im Stande ist, selbst atmosphärische Luft leuchtend zu machen, und man andererseits die Erfahrung gemacht hat, daß zur Winterszeit

Abtheilungen der Gasleitungsröhren, die stark der Kälte ausgesetzt sind, mit beträchtlichen Mengen krystallisirten Benzins und Naphtalins gefüllt sind, so darf wohl angenommen werden, daß diesen beiden, und wohl noch anderen, in gewöhnlicher Temperatur in dem Gasgemenge sich dampfförmig erhaltenden Kohlenwasserstoffen ein Antheil an dem Leuchtvermögen eines Leuchtgases zukomme. Schwerlich findet dies aber in allen Fällen in ähnlichem Verhältniß statt, wie in dem von Pitschke untersuchten Gase, man müßte denn sonst wohl ganz allgemein eine auffallende Abnahme der Leuchtkraft des Gases übereinstimmend mit dem Eintreten der Wintertemperatur beobachtet haben. Und dies ist keineswegs der Fall, so daß man nach wie vor zu den nichtverdichtbaren leuchtenden Verbindungen, als sehr wesentlichen Bestandtheilen der zu Beleuchtungszwecken dienenden Gas- und Dampfgemenge, seine Zuflucht nehmen muß. Es darf nicht übersehen werden, daß, nach den eigenen Angaben Pitschke's, das seiner Leuchtkraft durch die genannten Mittel fast gänzlich beraubte Gasgemenge dieselbe wieder vollständig erhielt, als er dasselbe mit etwas mehr als 12 Proc. reinem Elaylgas versetzte. Wir finden aber unter den Gasen, deren Analyse oben Seite 178 gegeben ist, eines, welches nahezu 11, ein anderes, das 24,50 Procent Elaylgas und solche homologe Gase enthält, welche von Schwefelsäurehydrat absorbirt werden.

127 **Die Ausbeute an Gas** hängt keineswegs allein von der Beschaffenheit der Kohle ab, die man anwendet; die Dauer des Destillationsprocesses und die Temperatur, bei welcher er vorgenommen wurde, sind von wesentlichstem Einfluß darauf. Weil die Qualität des Gases auf Kosten seiner Quantität leiden kann, hat man im großen Betrieb erfahrungsmäßig festzustellen gesucht, wie weit man den Destillationsproceß fortzusetzen hat. Unten bei der Lehre vom Betrieb wird von diesen Verhältnissen näher die Rede sein. Aus dem Gesagten geht hervor, daß nur die im Großen gewonnenen Resultate einige Sicherheit in Beurtheilung der Menge des aus einer gewissen Kohlensorte erzeugbaren und zu Beleuchtungszwecken dienlichen Leuchtgases gewähren können, da bei Versuchen im Maßstab, der im chemischen Laboratorium zulässig ist, leicht die Destillation weiter getrieben wird, als dem Vortheil des Producenten entsprechen würde. Die nachfolgende Tabelle enthält daher meist nur Betriebsresultate. Um alle Angaben unter einander vergleichbar zu machen, ist neben den Maßen und Gewichten, in welchen die Versuche ausgeführt wurden, als Gewichtseinheit für die Kohle der halbe metrische Centner von 50 Kilogrm., oder der deutsche Zollcentner von 100 Pfd., als Maßeinheit aber der Kubikmeter und daneben der schweizerisch-badische sowie der rheinische Kubikfuß angenommen worden.

Es lieferten:

	1 Centner (50 Kilogr.) Kohle	Kubikmeter	Schweiz.-badische Kubikfuß (1′ = 30 Ctm.)	Rheinische Kubikfuß Gas
Nach Barlow	Boghead-Cannelkohle	18,312	678,1849	593,2216
„ Evans	„ „	20,608	763,2173	666,7657
„ Barlow	Wigan-Ince-Hall-Cannelkohle	14,924	553,8112	483,7266
„ Fyfe	Dieselbe	13,048	483,1327	422,0375
„ Wright	Dieselbe	12,930	479,0847	418,4549
„ Evans	Dieselbe	15,680	580,7088	507,0696
„ Clegg	Dieselbe	19,852	734,2882	642,1149
„ Fyfe	Schott. Parrotkohle	13,048	483,1327	422,0375
„ Barlow	Newcastle-Cannelkohle	13,524	500,8613	437,4338
„ Wright	Ramsay's Newcastle-Cannelkohle	12,766	472,7881	412,9563
„ „	Lesmahage-Cannelkohle	16,072	595,2265	519,8488
„ „	„ „	13,692	506,8832	442,8677
„ Evans	„ „	18,564	687,5177	600,4526
„ Hedley	„ „	15,540	575,5239	502,6413
„ „	Newcastle-Kohle	16,016	593,1526	518,0375
„ „	„ „	12,704	470,4926	410,9008
„ Clegg	Pelton-Kohle	15,120	559,9692	489,6564
„ Journal of Gas-lighting . .	New Pelton-Kohle	14,420	534,0447	466,4149
„ Journal of Gas-lighting . .	Deans Primrose-Kohle	14,402	534,0447	466,4149
„ Clegg	„ „ „	15,288	566,1911	494,4903
„ Hedley	Pelaw-Kohle bei Newcastle	15,708	581,6457	508,0753
„ Wright	Derbyshire tief. Flötz	12,908	478,0478	417,5093
Parlamentsbericht der Gasfabriken in Birmingham	West-Broomwich-Kohle	8,932	330,7966	288,9055
Desgleichen	Macclesfield-Kohle	8,990	332,9446	290,7815
Parlamentsbericht von Leeds	Leeds-Kohle	8,932	330,7900	288,9055
Nach Erdmann . . .	Zwickauer Kohle			
Mittel von 12 Versuchen	1 Centner Sächs. (?)		523′Kb.*)	

*) Wahrscheinlich englische, die Angabe fehlt.

Der Apparat zur Gaserzeugung.

Derselbe zerfällt in:

1) Die eigentlichen Destillationsvorrichtungen: die Retorten und die Oefen, worin sie liegen und erhitzt werden.
2) Apparate zum Verdichten mitgerissener Dämpfe.
3) Vorrichtungen zum Reinigen von Beimengungen, die nachtheilig für die Beleuchtungszwecke sind.
4) Sammler oder Gasbehälter, um den Bedarf einige Zeit zum Voraus erzeugen und aufbewahren zu können.
5) Leitungsröhren zur Fortführung des Gases aus der Fabrik an die Orte seiner Bestimmung.
6) Die Brenner und die damit verbundene Einrichtung zur Gestaltung, Schutz und Erhöhung der Wirkungen der Flamme.

Zwischen diese Einrichtungen sind eine Reihe von Mechanismen eingeschaltet, deren Function nicht nothwendig mit der Erzeugung und Lieferung guten Leuchtgases zusammenhängt, sondern die dazu bestimmt sind, sei es den Druck in der Leitung zu reguliren (Regulatoren), sei es die Production oder Consumtion zu controliren (Gasuhren oder Zähler), oder das in den Retorten erzeugte Gas rascher aus denselben herauszuschaffen (Exhaustoren).

129 **Die Gasretorten.** Das Material der zur Destillation der Leuchtgasmaterialien gebrauchten Retorten ist Gußeisen oder gebrannter Thon, es kommen auch, aber selten, genietete Eisenblechretorten vor.

Die Form und Lage der Eisenretorten unterlag seit den ersten Anfängen der Leuchtgasfabrikation mannigfachen Aenderungen. Während früher die Gasretorten senkrecht in dem Ofen standen, trifft man jetzt nur noch die horizontale Lage derselben in Anwendung.

Die ersten Leuchtgasretorten waren Cylinder; dieselben sind gegenwärtig durch Formen von verschiedenen anderen Querschnitten fast gänzlich verdrängt. Einen Hauptgrund zum Verlassen der Cylindergestalt gab die Wahrnehmung ab, daß bei dieser Form das Verhältniß der Heizoberfläche zum Inhalt das mindest günstige sei, indem die Wände der Retorten und die ihnen zunächst gelegenen Partien des Inhalts schon sehr heiß geworden sein können, ehe die der Retortenaxe näher liegenden Räume bis auf die für Gasproduction geeignete Hitze gebracht werden konnten. Aus diesem Verhältniß entsprang der Uebelstand, daß die in späteren Stadien der Destillation sich erzeugenden Gase an den überhitzten Wänden auf die oben erwähnte, ihrer Leuchtkraft nachtheilige Weise zersetzt wurden. Alle neueren Formen sind darauf berechnet, diesen Uebelstand zu vermeiden. Es trat an die Stelle des kreisrunden Querschnitts der ovale oder der von der Form einer Bohne, Fig. 137, den man in England den »ohrenförmigen« nennt, oder der rectanguläre, Fig. 138 (18″ : 12″), oder endlich der eines liegenden D, welcher wohl jetzt der gebräuchlichste ist. Die

letztere Form tritt in sehr wechselnden Verhältnissen von Breite zur Höhe auf, zuweilen findet man sie höher als breit, nämlich ungefähr 14″ : 12″, die sogenannte Londoner Retorte; andere haben 14″ Höhe auf 2′ Breite; die sogenannte

Fig. 137.

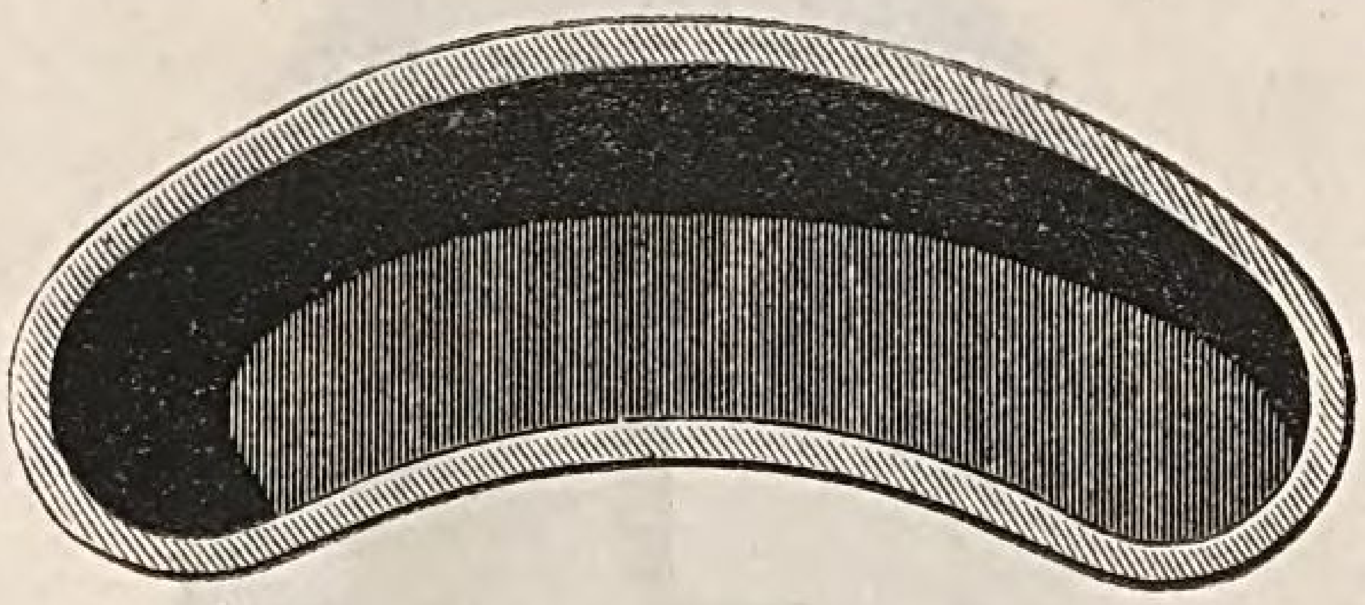
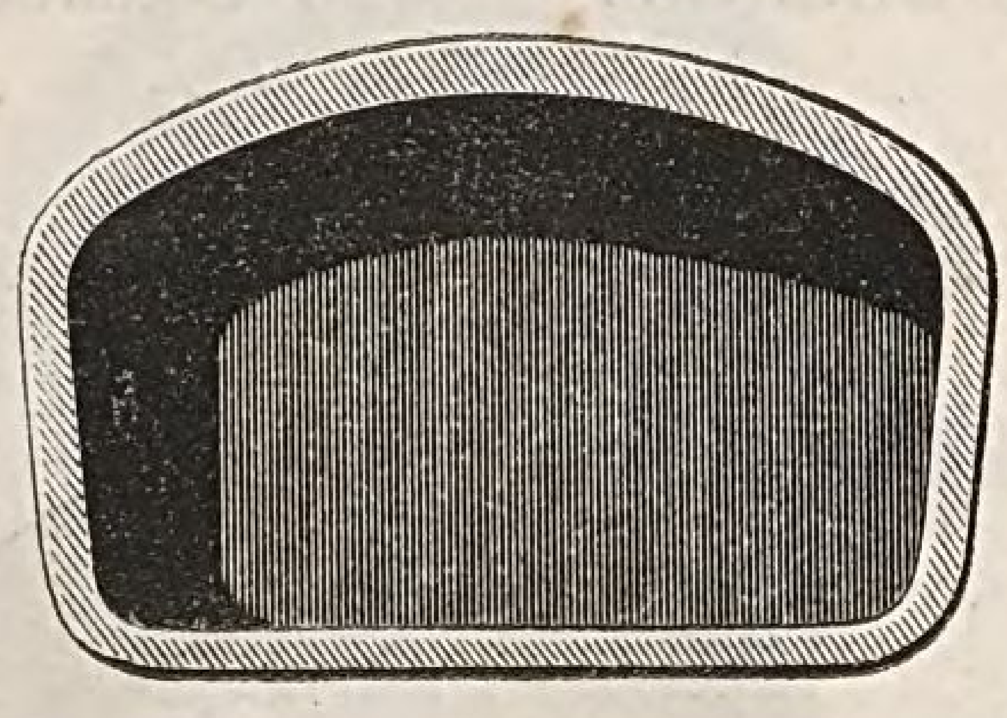


Fig. 138.



Yorker Retorte, und die flachbodige halbelliptische Retorte hat eine Höhe von 1/2′ auf 2,5′ Breite, Fig. 139. Die gewöhnliche Länge der Retorten beläuft sich auf 6 bis 9′, und sie sind meist am einen Ende durch eine feste, senkrecht auf die Länge stehende Wand oder seltner gewölbeartig, Fig. 140, geschlossen. Die Eisenretorten

Fig. 139

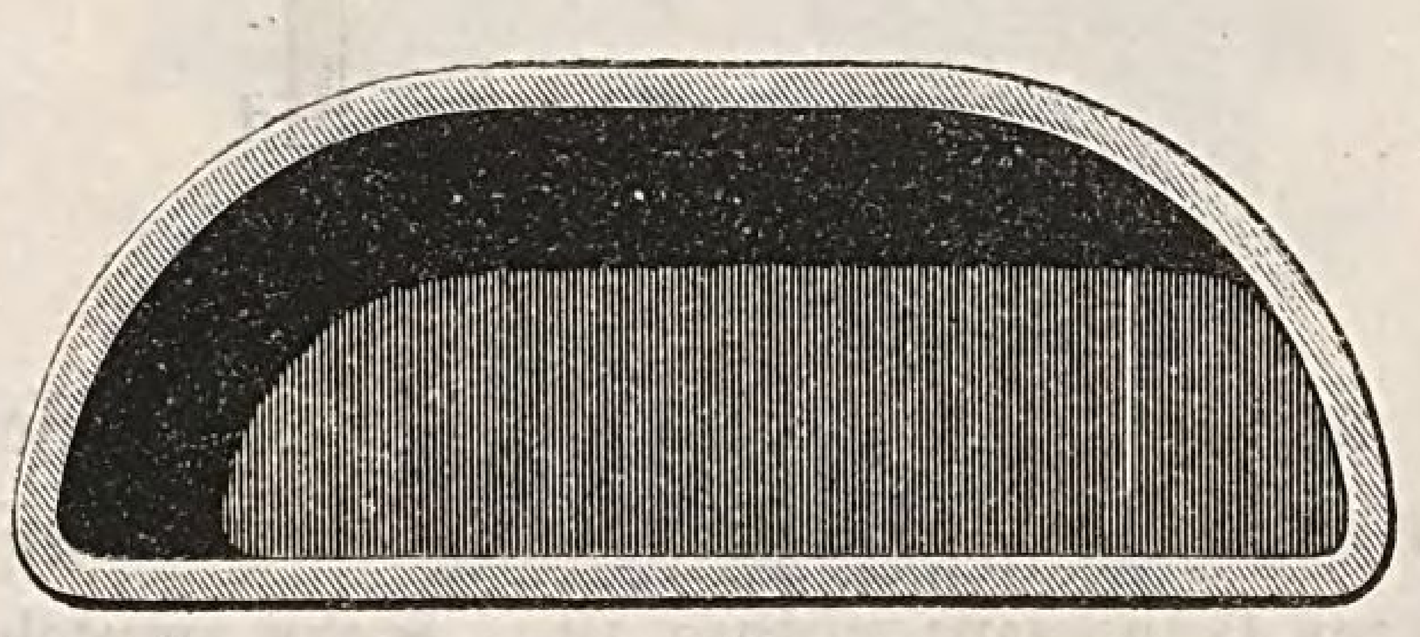
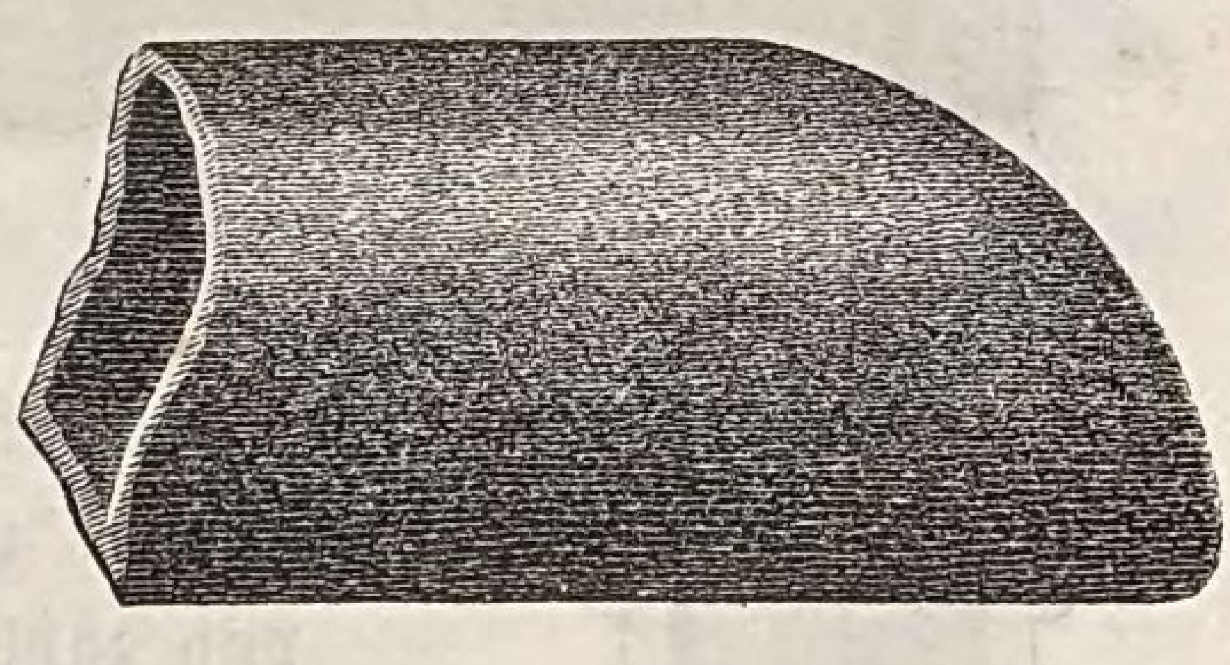


Fig. 140.



haben eine Wandstärke von 1″ bis 1,2″, die aber manchmal gegen das offene Ende hin bis auf 0,75″ abnimmt. In der Regel wird der Deckel zum Verschluß des offenen Endes nicht unmittelbar an die Retorte, sondern an einen Anstoß derselben, einen Kopf oder ein Mundstück, befestigt, und an diesem Theil ist auch der röhrenförmige Ansatz angebracht, der die Leitungsröhre aufnimmt. Dieser Kopf und die Retorte sind durch Flantschen und Schrauben mit einander verbunden. Die Wandstärke der Retortenmundstücke variirt zwischen 5/8 und 6/8 Zoll.

Fig. 141 und Fig. 142 (a. f. S.) sind Vorder- und Seitenansicht, Fig. 143 ist der Durchschnitt eines Retortenkopfes für eine Londoner D-Retorte; *a* sind angegossene Oehren zur Aufnahme von Riegeln zum Festhalten des Deckels; *b*, *c* ist der senkrechte Ansatz für Aufnahme der senkrechten Röhre, welche das erzeugte Gas nach der Vorlage zu führen hat, *d* die einige Zoll breite Flantsche mit Schraubenmuttern. Die Flantschen der Retorte und die des Retortenmundstücks sollen sich nicht einander berühren, sondern es muß ein Kitt, um die Fuge gehörig zu dichten, zwischen dieselben gestrichen werden. Der Kitt muß dem Einfluß der Hitze widerstehen können; gewöhnlich dient dazu ein sogenannter Eisenkitt.

In Frankreich z. B. wird zu diesem Zwecke gewöhnlich der sogenannte Mastic d'Aquin gebraucht, der aus 98 Proc. fein gepulverten Eisenfeilspänen oder zerstoßenen Bohr- oder Drehspänen, 1 Proc. Schwefelblumen und 1 Proc. Sal-

miak (letzterer in so viel Wasser gelöst, daß die Flüssigkeit gerade hinreicht, um mit den beiden anderen Bestandtheilen eine breiartige Masse zu bilden) besteht, und nicht im Voraus, sondern immer nur in dem Augenblick, wo er gebraucht werden soll, dargestellt wird. Clegg empfiehlt zum gleichen Zwecke 32 Thle. fein gesiebte Eisenfeile, 1 Thl. Salmiak, 1 Thl. Schwefelblumen trocken gemischt und

Fig. 141.

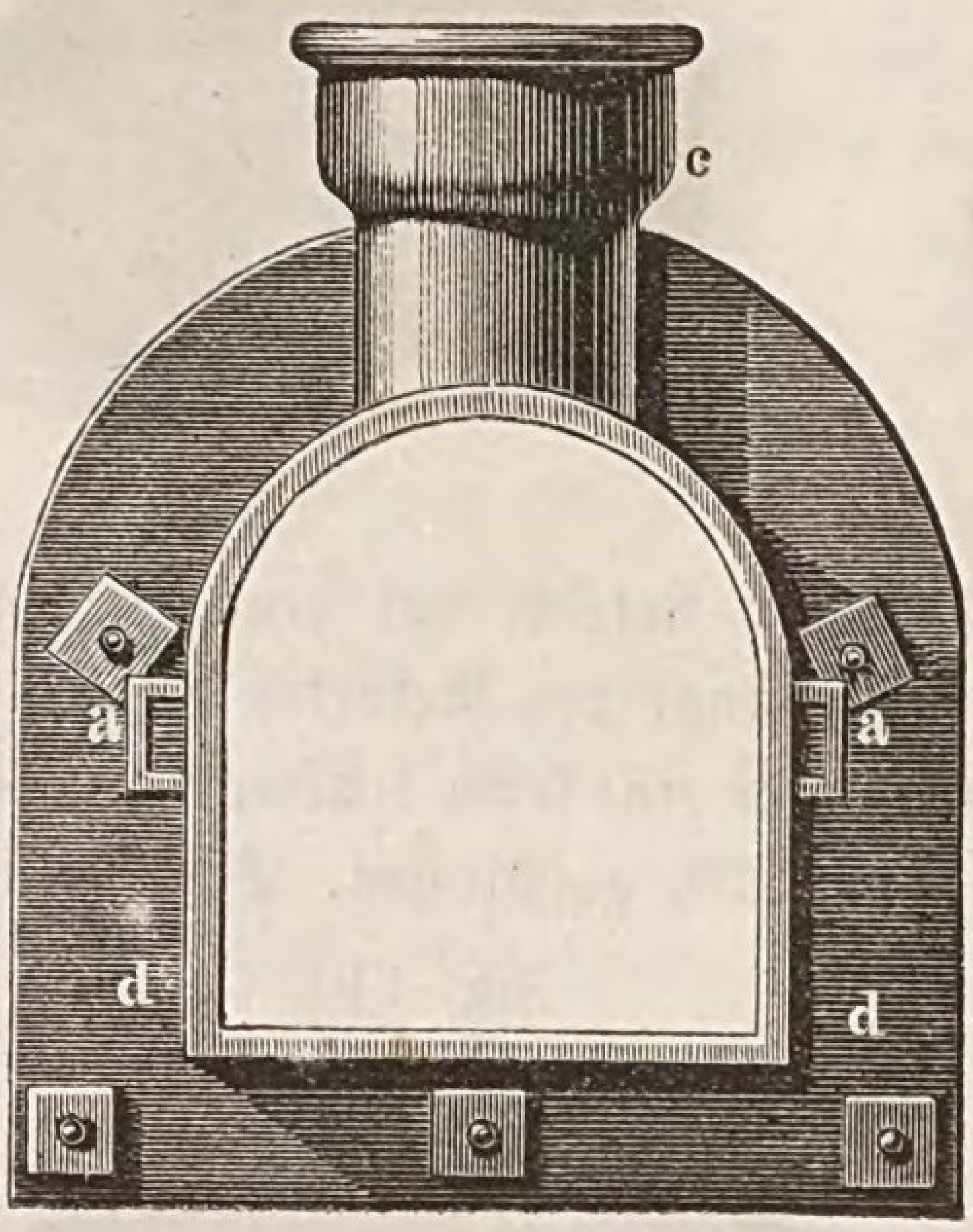


Fig. 142.

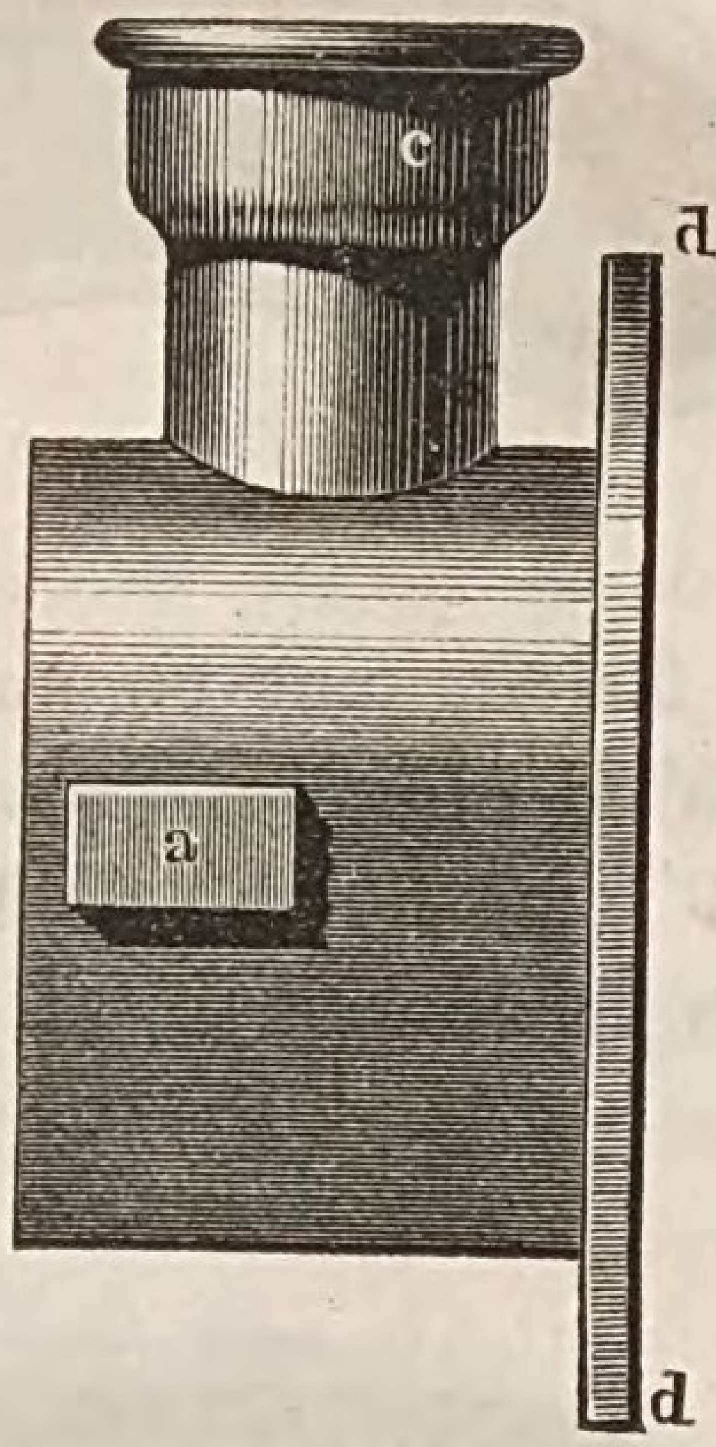
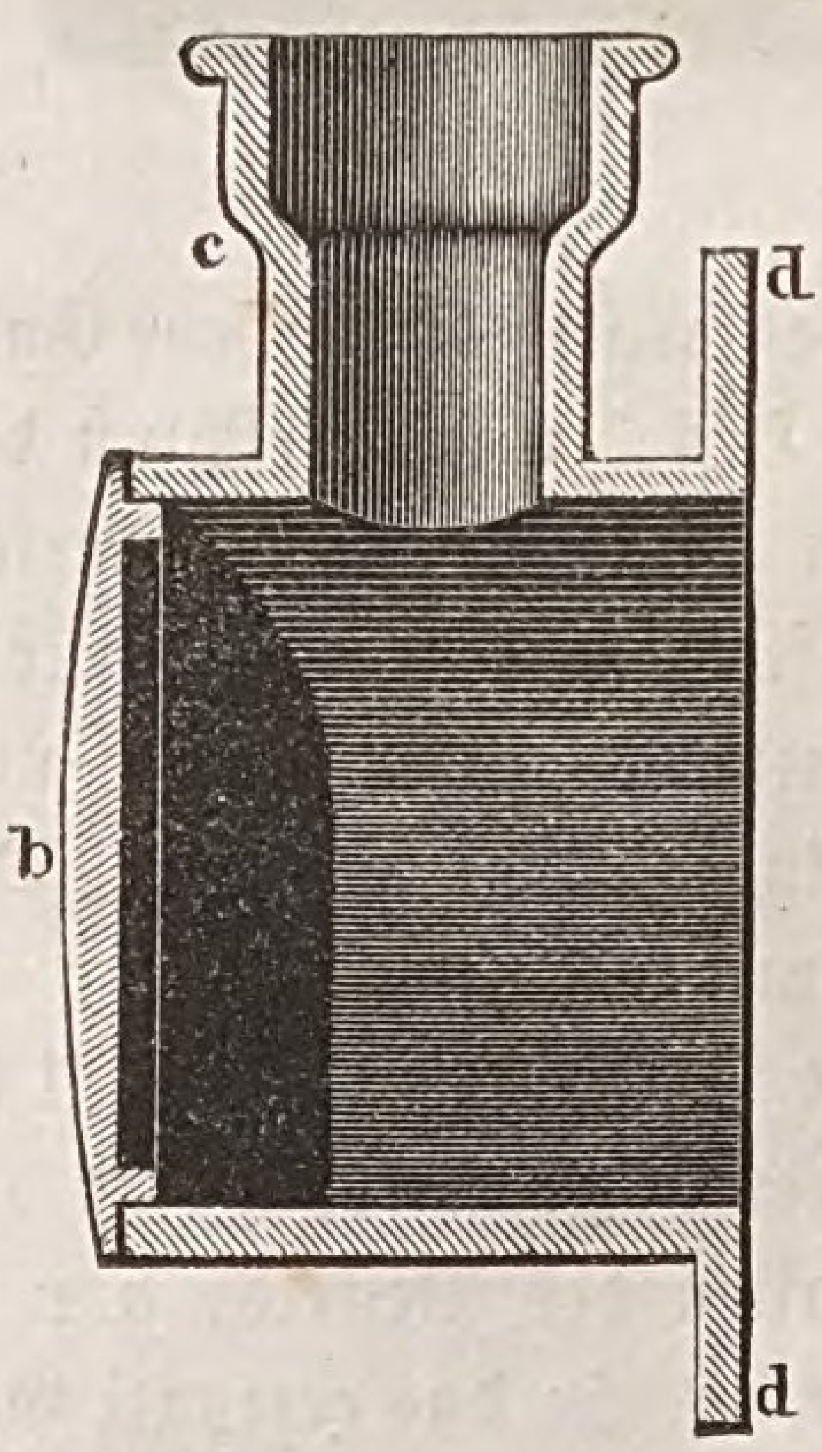


Fig. 143.



aufbewahrt, um beim Gebrauch mit so viel Wasser versetzt zu werden, als zur Herstellung einer Masse von zähbreiiger Consistenz nöthig ist. Sehr empfehlenswerth ist der Kitt von Bernard für diesen Zweck und überhaupt zur Verbindung mit Eisentheilen, die der Hitze, nicht aber der Feuchtigkeit ausgesetzt sind. 12 Pfd. Eisenfeile, 2 Pfd. Cement, 1 Pfd. Gyps, 4 Lth. Salmiak, 3 Lth. Schwefel und $1^1/_2$ Schoppen Essig und die nöthige Menge Wasser, um einen steifen Brei zu bilden, werden innig gemischt aufgetragen. Der Kitt wird mittelst einer Kelle in die $^3/_4$ Zoll weit gelassene Fuge eingestrichen und in das Mundstück und die Retorte eine Hülse eingeschoben, die verhindern soll, daß der Kitt herabfalle, und welche, nachdem die Schrauben eingezogen sind, wieder entfernt wird.

130 Der Deckel ist eine lose Gußeisenplatte von der Form des Querschnittes des Mundstücks. Längs dem Rande desselben auf der Innenseite befindet sich eine Verstärkung, Fig. 144, Fig. 145, Fig. 146, von etwa 1 Zoll Höhe, die in das Mundstück einpaßt, während ein 1,5″ bis 2″ breiter flacher Rand *m* auf der Mundstückwand aufliegt und sie (zuweilen etwas übergreifend) deckt.

Die Art des Verschlusses der Retortenköpfe mittelst des Deckels ist äußerst 131
verschieden. Einige der häufiger angewendeten Arten des Verschlusses sollen hier

Fig. 144.

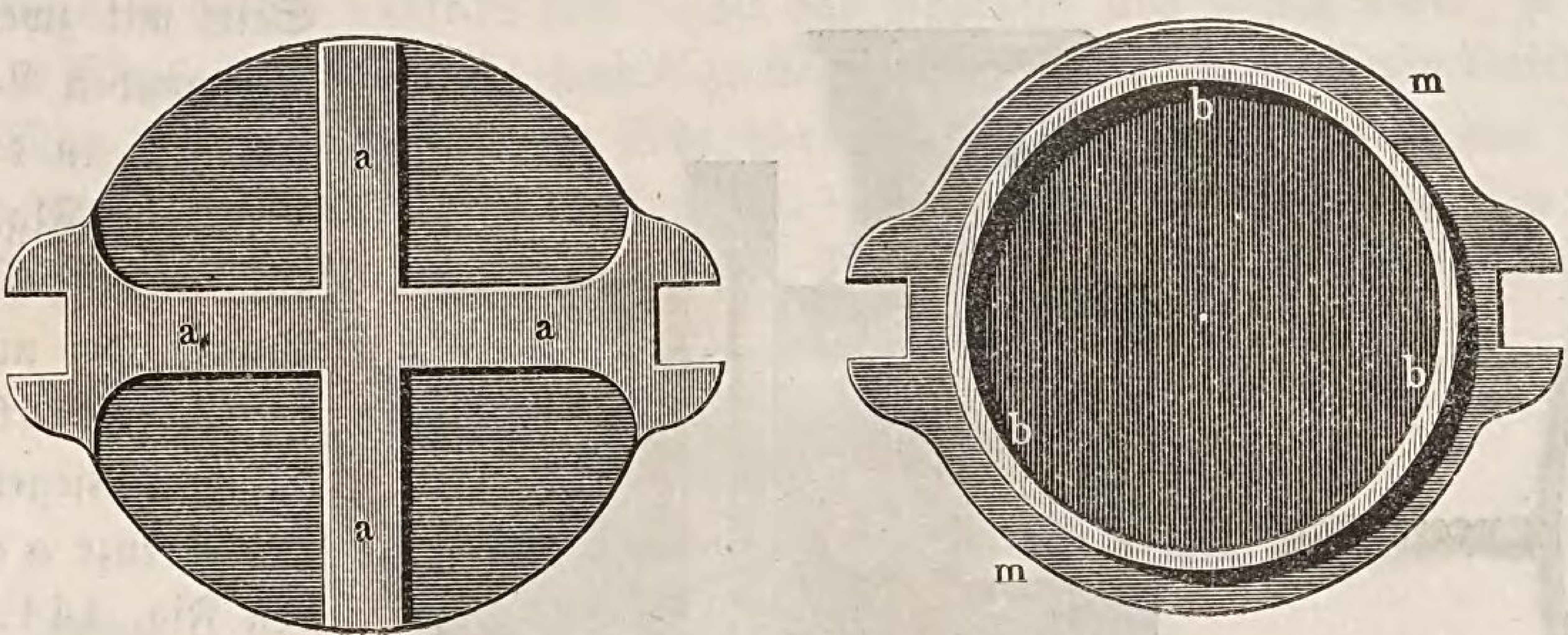


Fig. 145.

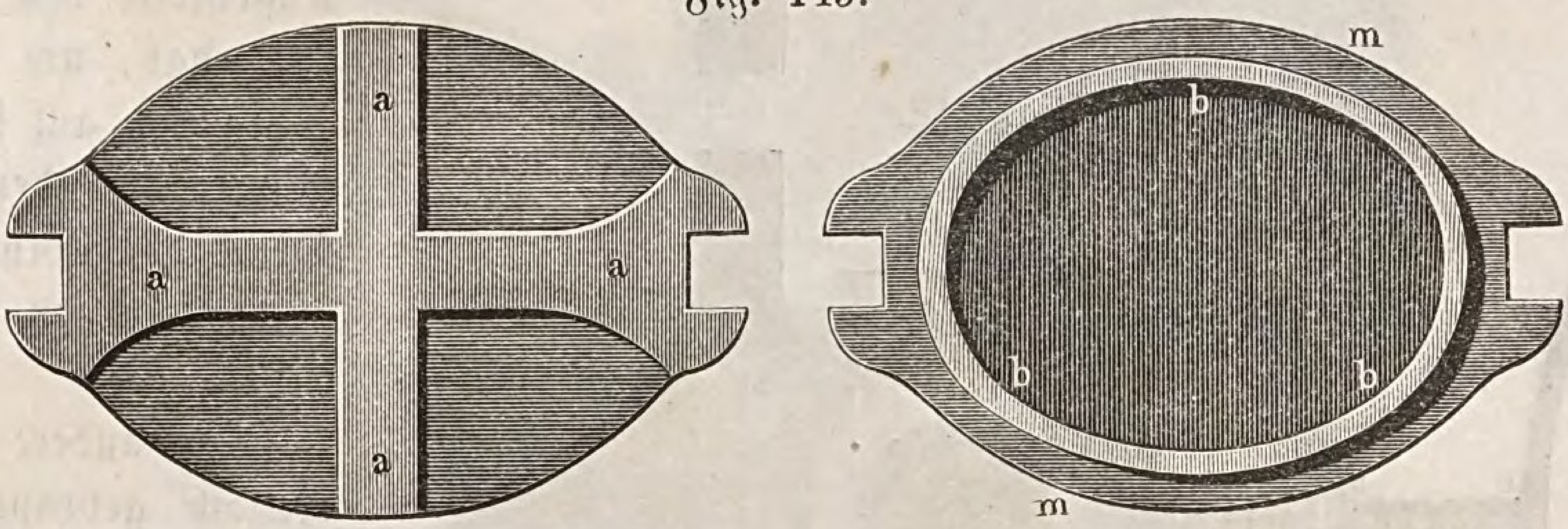
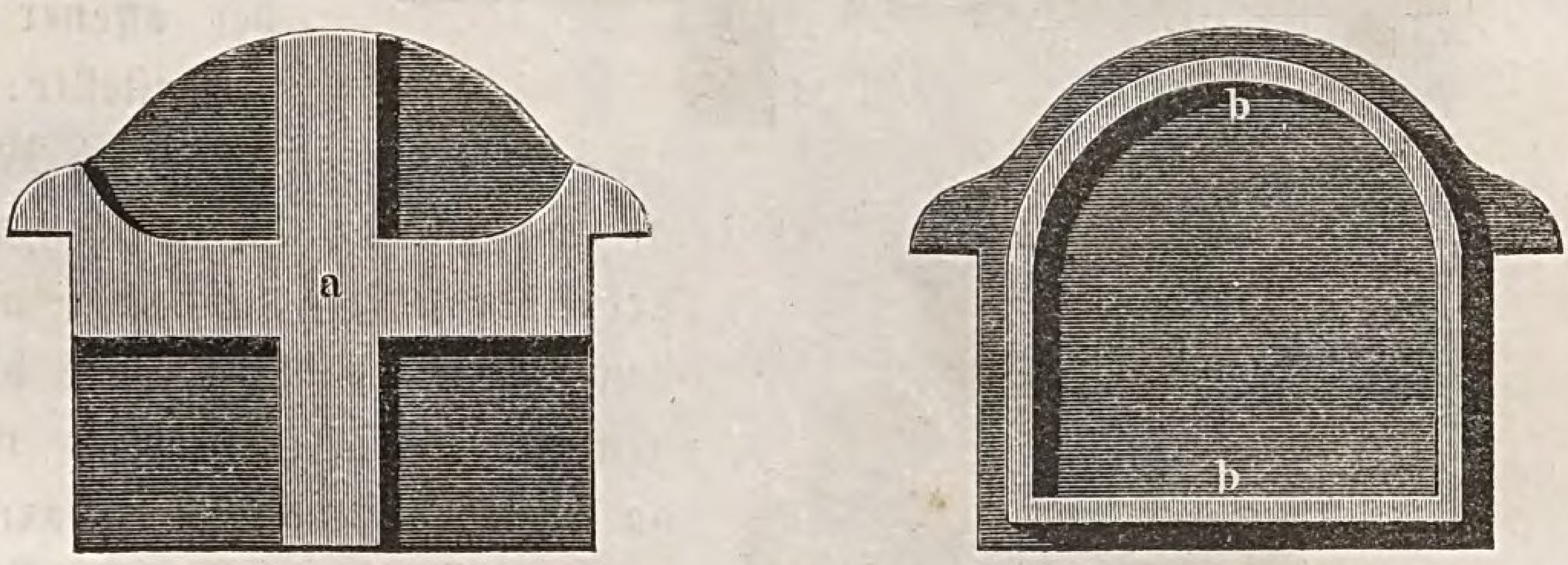


Fig. 146.



beschrieben werden. Beinahe ohne Ausnahme bedarf man hierzu zweier an das Wandstück angegossener Oehre *a*, Fig. 141 und Fig. 142. Fig. 147 (a. f. S.) ist eine Seitenansicht, Fig. 148 eine Oberansicht eines verschlossenen Mundstücks. In die Oehre *a a* sind die Riegel *b b* eingeschoben und durch Keile *c c* festgehalten. In den beiden Figuren haben die Riegel *b* correspondirende Oehre *f*, durch welche der Querbarren *d* geschoben wird. Dieser hat in seiner Mitte eine Schraubenmutter; die Schraubenspindel mit einem Hebel *e* als Griff versehen, steckt in dem horizontal liegenden und in den Oehren *f* festgehaltenen Querbarren und

drückt, wenn sie angezogen wird, auf die Mitte des Deckels. Damit der Deckel nach dem Lösen der Schraube nicht herabfalle, ist er, wie die Figuren 144 und 145 zeigen, an jeder Seite mit zwei vorspringenden Lappen versehen, in die der Riegel *b*, Fig. 147 und 148, sich vorschiebt, oder nur mit einem (Fig. 146), der auf dem Riegel ruht. Die Kreuze *a a* auf den Fig. 144, 145 und 146 stellen Verstärkungen auf der Außenseite des Deckels dar, um ihm gegen den auf seine Mitte stattfindenden Druck den nöthigen Widerstand zu verleihen.

Fig. 147.

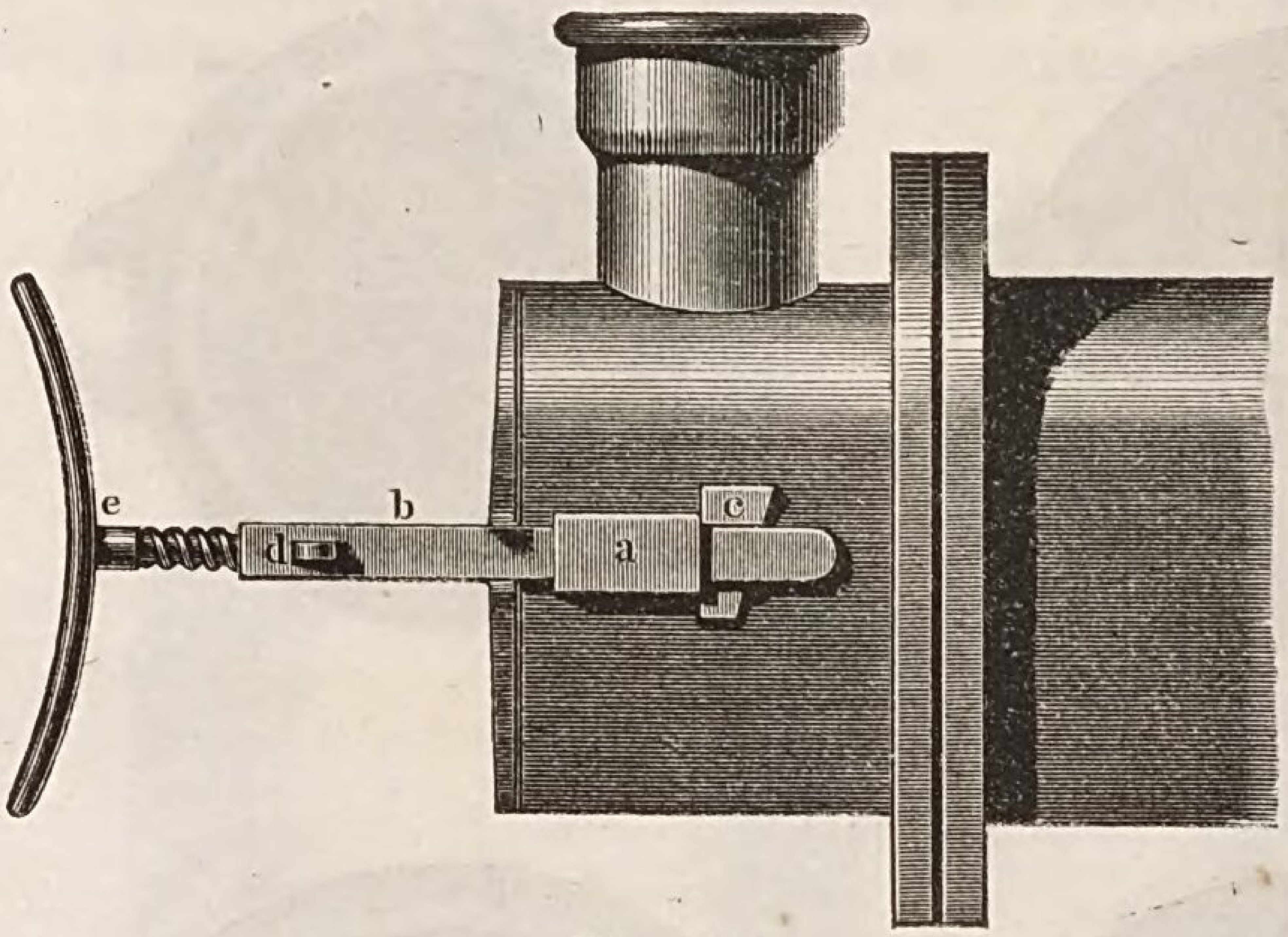
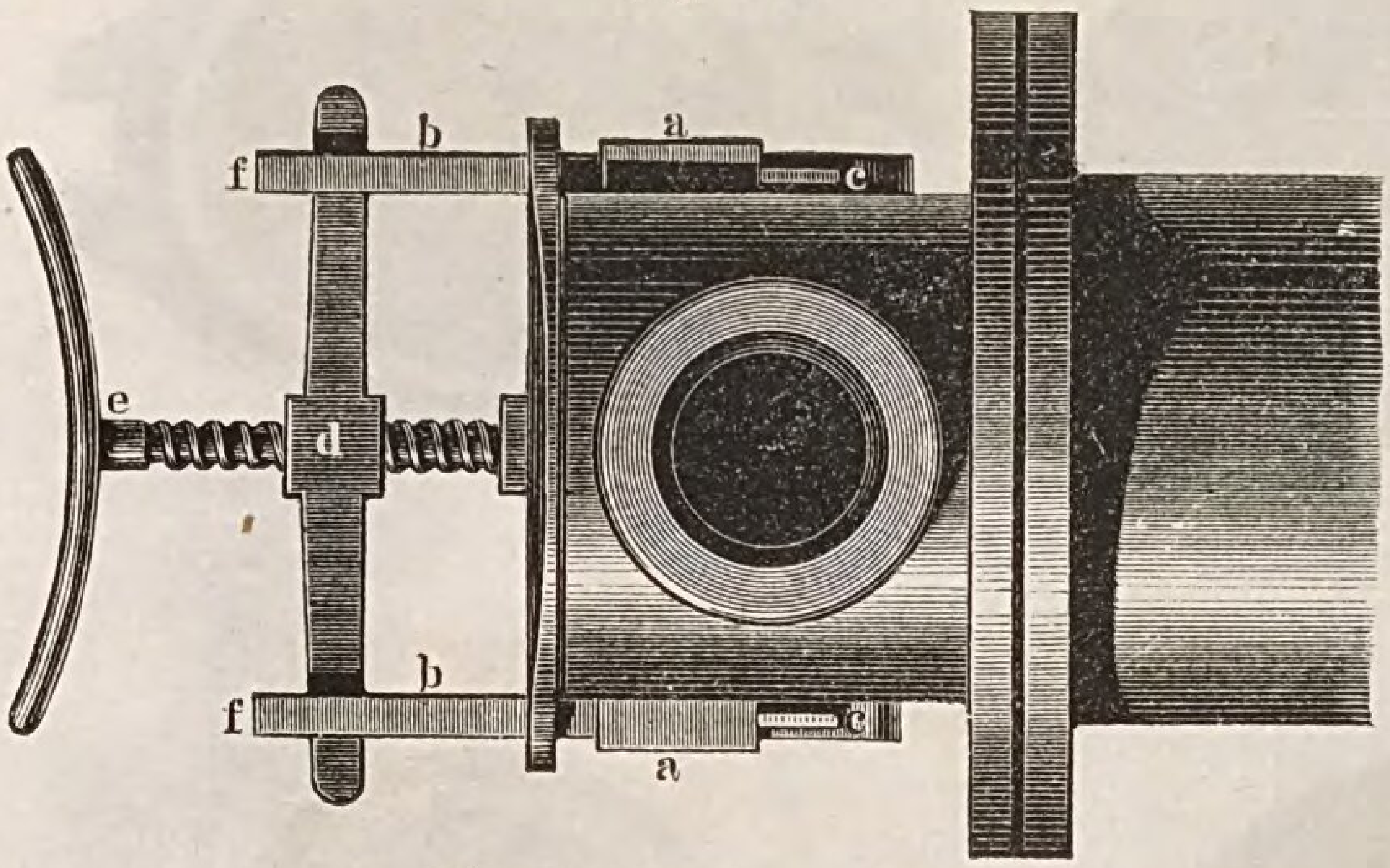
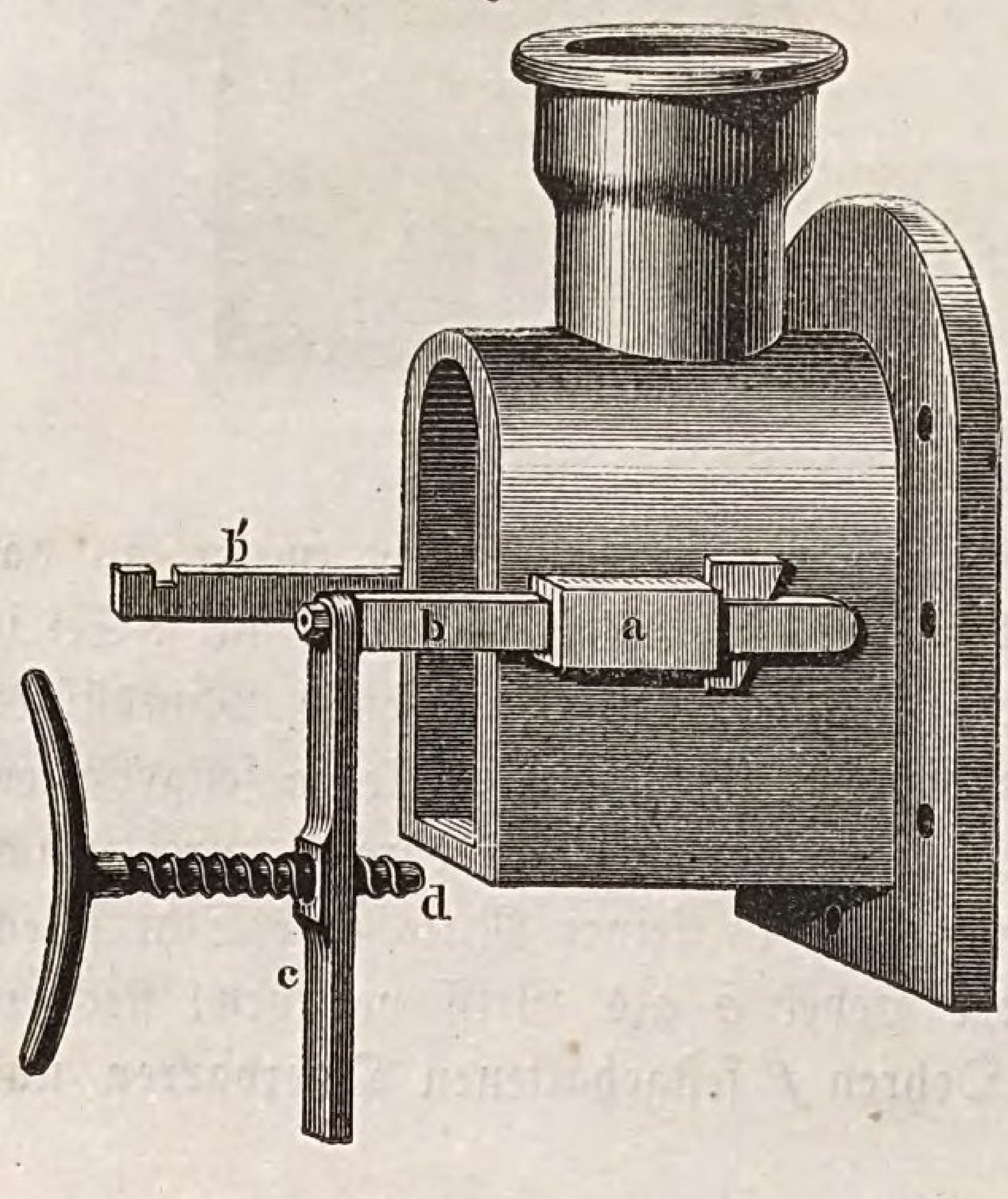


Fig. 148.



Eine andere jetzt vielfach gebrauchte Verschlußart ist die Fig. 149 in perspectivischer Ansicht bei offener Retorte dargestellte: *a* ist das Oehr am Mundstück angegossen, *b b'* die horizontalen Riegel, der eine *b* ist an seinem über den Rand des Mundstücks hervorragenden Ende cylindrisch und hat an seinem Ende ein Charnier, in welchem sich in verticalem Kreise der Bügel *c* mit der Schraube *d* dreht; dieser hängt bei offener Retorte senkrecht herab oder kann nach der Seite hin auf irgend eine Unterlage aufgelegt werden. Nachdem der Deckel vor die Oeffnung gestellt ist, wird der Bügel *c* so umgeschlagen, daß er in die Kerbe des Riegels *b'* zu liegen kommt; die Schraube wird nun

Fig. 149.



angezogen und drückt auf die Mitte des Deckels. Es kann auch das Zurückschlagen des Bügels und der Schraube in der Horizontalebene geschehen, wenn das Charnier in den Riegel *b* so geschnitten ist, daß der Nagel, um welchen sich der Bügel *c* dreht, senkrecht steht. Ist das Charnier nur wenig locker, so läßt sich das Bügelende, das links nach *b'* zu liegen kommt, leicht in die Kerbe einsenken.

Man hat auch anstatt der Schraube das System der Kniepresse zum Verschluß der Retortendeckel angebracht; Fig. 150 stellt eine Seitenansicht, Fig. 151 eine Oberansicht dieser Einrichtung dar. Die Riegel *b* sind an ihrem vorderen

Fig. 150.

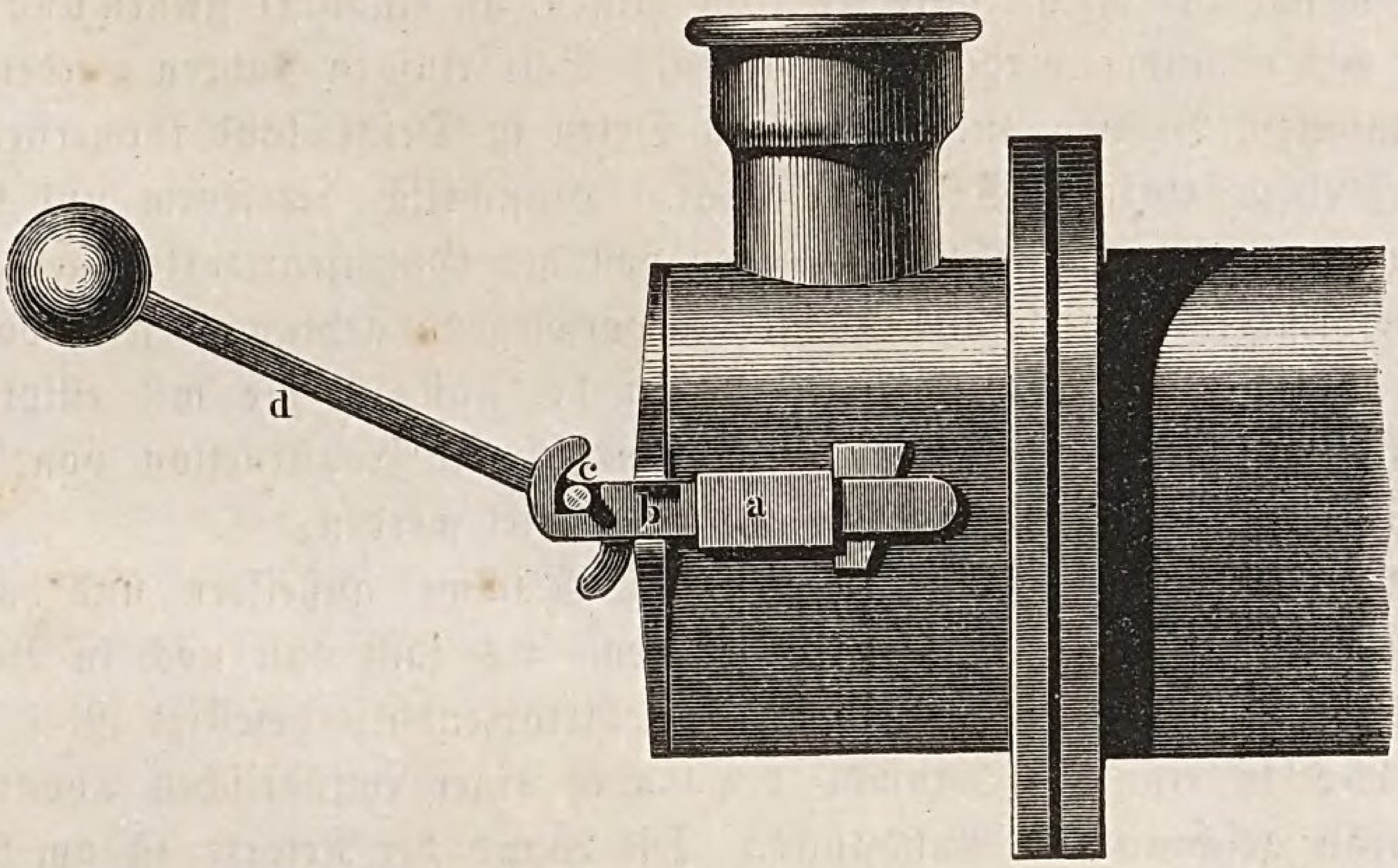
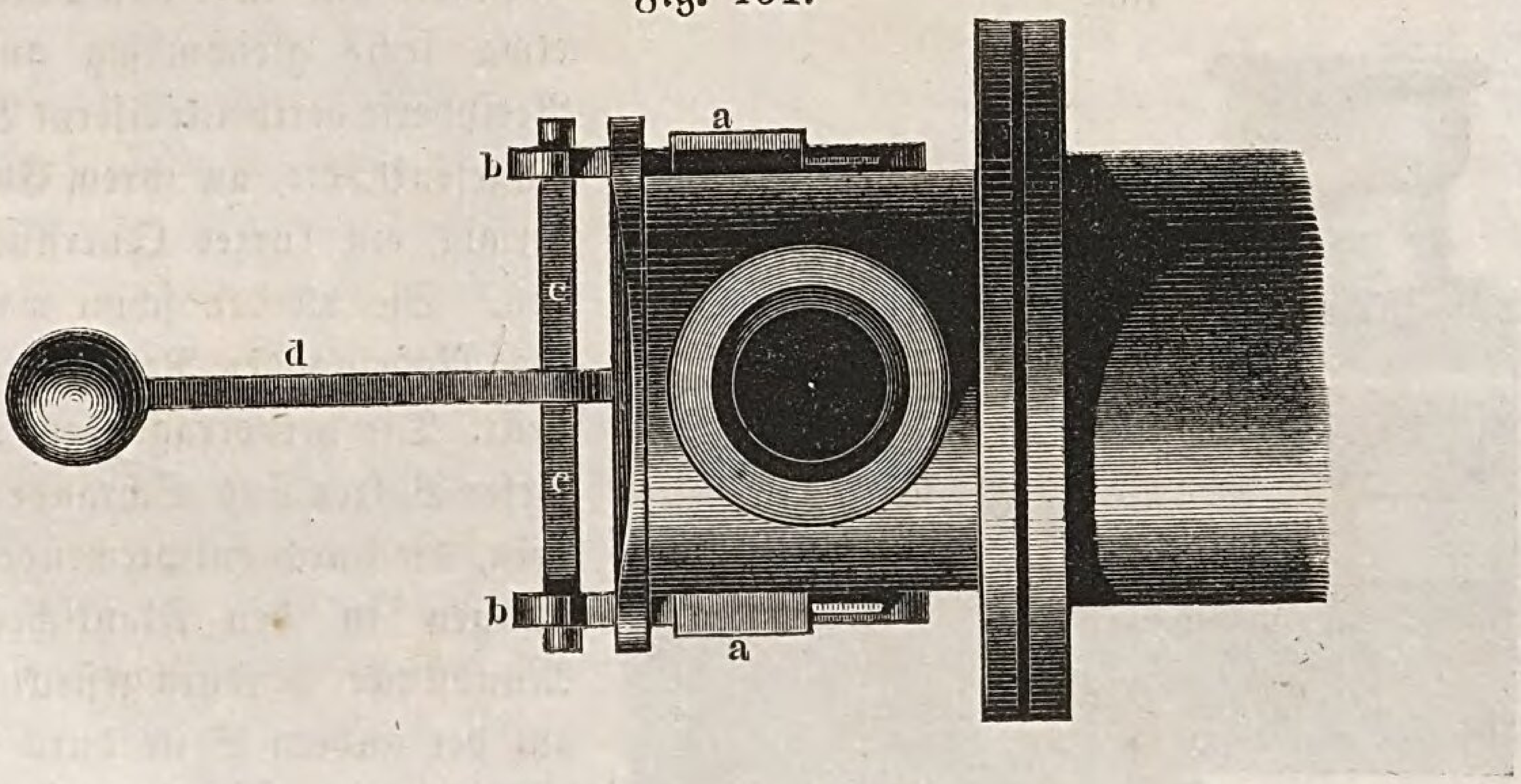


Fig. 151.



Ende hakenartig gekrümmt und es wird der Bügel *c* in die beiden Haken eingelegt. Es ist mit diesem Bügel ein Hebel *d* verbunden, der an seinem Ende beliebig (hier mit einer Kugel) belastet ist, am anderen aber Kniegestalt hat und mit diesem kürzeren abgerundeten und gebogenen Arme den Deckel festdrückt.

Die Dicke der Deckel beträgt gewöhnlich $^5/_8$ Zoll, die kreuzförmigen Rippen *a a* haben eine Dicke von etwa $^1/_8$ Zoll. Vor dem Anlegen des Deckels an die Retortenmündung wird die Kerbe und zwischen *b* und *m*, Fig. 144, 145 und Fig. 146, mit einem Kitt ausgestrichen, der entweder nur Kalkbrei ist oder Kalk-

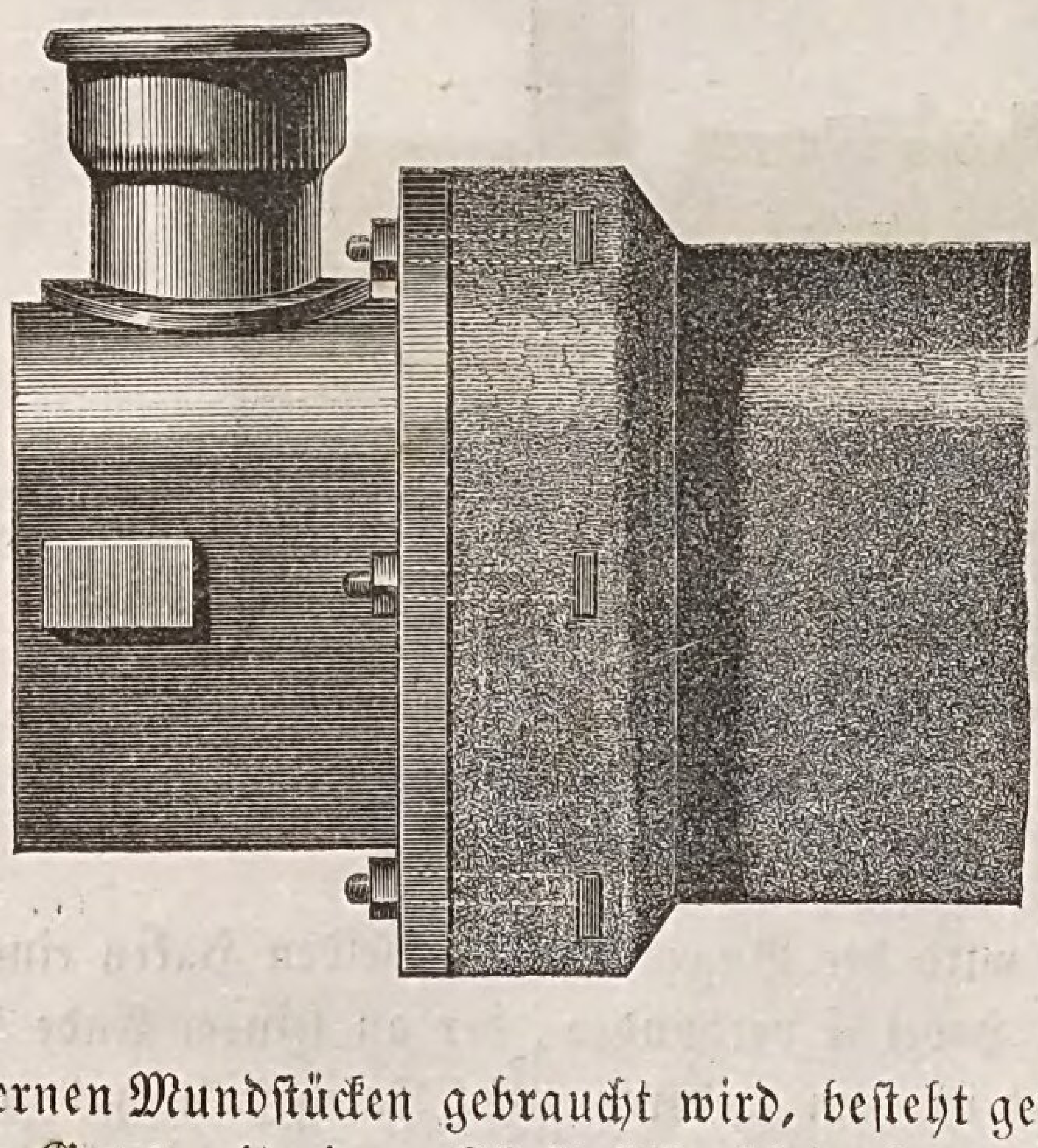
brei, gemischt mit grobem Thonbrei. Wird der Deckel in das offene Retortenstück eingepreßt, so schließt der Kitt die Fuge gasdicht.

132 **Die thönernen Retorten** haben an vielen Orten die gußeisernen verdrängt. Die ersten Thonretorten wurden in Schottland durch Grafton eingeführt. Man hat geformte und gemauerte Thonretorten zu unterscheiden. Die letzteren sind aus einzelnen feuerfesten gebrannten Steinen zusammengesetzt. Die modellirten Thonretorten waren früher ebenfalls nicht aus einem Stück, sondern es bestand eine solche gewöhnlich aus drei bis vier röhrenförmigen Theilen, die mit Fugen, welche zur Retortenaxe senkrecht laufen, an einander stießen und durch einen Kitt mit einander verbunden wurden. Seit einigen Jahren werden aber in Großbritannien, Belgien und an einigen Orten in Deutschland thönerne Gasretorten aus einem einzigen Stücke gefertigt. Hinsichtlich der Form und Größe derselben gilt ungefähr dasselbe, was oben von den Gußeisenretorten gesagt ist. Die mit D-förmigem Querschnitt möchte die vorwiegend gebrauchte sein, doch besteht neben ihr häufiger, als es bei Gußeisen der Fall ist, die mit elliptischem und kreisrundem Querschnitt. Näheres über Größe und Construction von Thonretorten wird in den einzelnen Fällen unten berichtet werden.

Das Mundstück der thönernen Retorten ist immer gußeisern und hat dieselbe Einrichtung, wie oben beschrieben worden. Es fällt nun noch in Betrachtung die Art und Weise, wie dasselbe an dem Retortenhalse befestigt ist.

Fig. 152 ist eine Seitenansicht des Endes einer cylindrischen Thonretorte und des daran geschraubten Mundstücks. Die Wand der Retorte ist am Rande verstärkt und in diesen Theil sind etwa sechs gleichmäßig auf die Peripherie vertheilte eiserne Bolzen eingesenkt, die, an ihrem Ende T-förmig, ein kurzes Querstück haben. Sie werden schon während des Modelns der Retorten eingesteckt. Die hervorragenden Stücke dieser Bolzen sind Schraubenspindeln, die durch entsprechende Oeffnungen in den Flantschen der Mundstücke hindurchgesteckt und auf der andern Seite durch Muttern angezogen werden. Der Kitt, der zum Dichten der Fugen zwischen Thonretorten und ihren gußeisernen Mundstücken gebraucht wird, besteht gewöhnlich aus zwei Theilen gebranntem Gyps mit einem Theil Eisenfeile, die mittelst einer concentrirten Lösung von Salmiak zu einem Brei angerührt werden.

Fig. 152.



Die Dauerhaftigkeit der gußeisernen und thönernen Retorten und die mit jeder dieser Arten verbundenen Vortheile und Nachtheile lassen sich am zweckmäßigsten bei der Lehre vom Betrieb der Gasfabriken besprechen. Es können die

anderen Arten der Retorten, da ihre Verbreitung ziemlich gering geblieben ist, mit kurzen Andeutungen abgehandelt werden. Die gemauerten Thonretorten sind gewöhnlich auch D-förmig, aus feuerfesten gebrannten Steinen ausgeführt und wie die Thonretorten verschieden in der Länge und den übrigen Dimensionen. Es giebt deren, die bei einer Länge von 7 Fuß und einer Weite von 3 Fuß 2 Zoll 5 Centner Kohle fassen (Spinney); andere sind bis zu 20 Fuß lang und so eingerichtet, daß sie von beiden Enden beschickt werden können (Clift; siehe unten die Croll'schen Oefen). Diese gemauerten Thonretorten zeichnen sich durch Dauerhaftigkeit und Größe aus.

Die Retorten aus genietetem Eisenblech sind zuerst in Nordamerika erfunden und standen in Liverpool einige Zeit im Gebrauch. Sie haben die Form flacher breiter Brotbackofen, sind gewöhnlich einzeln in eine Feuerung gelegt, auf der untern Seite (die zuweilen von Gußeisen ist) mit Ziegeln armirt und bieten den Vortheil großer Heizoberfläche gegenüber ihrem Inhalt; sie sollen aber rascher Abnutzung und Deformirung unterliegen.

Retortenöfen. Selten wird es wohl vorkommen, daß eine einzelne Re- 133
torte ihre eigene Feuerungseinrichtung hat, auch in den kleinsten Gasbereitungsanstalten, wo eine einzelne Retorte für den Consum ausreicht, ist doch gewöhnlich die Einrichtung so getroffen, daß zwei Retorten in demselben Feuerungsraume liegen, damit beim Schadhaftwerden der einen die andere ohne Unterbrechung der Production könne gebraucht werden. Die Feuerzüge sind in diesem Falle so eingerichtet, daß die nichtgebrauchte auch nicht geheizt wird. Häufiger finden sich Gasretortenöfen für drei, für fünf und sieben Retorten. Die Zahl derselben steigt für die einzelne Feuerung bis zu funfzehn Stück, was jedoch ein schon sehr seltener Fall ist. Die meisten Oefen sind wohl für drei, fünf und sieben Retorten eingerichtet. Wie bei anderen Feuerungsanlagen läßt sich in den Gasretortenöfen der eigentliche Feuerungsraum vom Heizraum, d. h. die Feuerstätte von dem Raum, in welchem die Hitze wirken soll, unterscheiden. Beide Räume sind in den Gasretortenöfen zuweilen durch ein Gewölbe, in dessen Seiten Feuerzüge angebracht sind, getrennt, zuweilen gehen sie ohne derartige Zwischenwand in einander über. Im Ganzen sind die Oefen mit überwölbtem Feuer bei den Gußeisenretorten häufiger, während freies Zuströmen des Feuers zu den Retorten bei den Thonretortenöfen diejenige Einrichtung ist, die gewöhnlicher angetroffen wird. Anstatt der Ueberwölbung des Brennraumes dient zur Abwehr allzustarker Einwirkung auf die gußeisernen Retorten oft nur ein feuerfester Ziegelbeleg derselben. Die Feuerung ist immer mit Rost versehen.

Oefen mit überwölbtem Feuerraum. Fig. 153 (a. f. S.) giebt einen 134
verticalen Durchschnitt durch einen Gasretortenofen parallel mit der Vorderwand, Fig. 154 einen solchen parallel mit der Axe der Retorten, nach dem Systeme des im Gasbereitungsgeschäfte den Namen einer Autorität genießenden englischen Ingenieurs Clegg.

a ist das Gewölbe für den Cokesvorrath unter der Soole des Retortenhauses; *b* ist eine in dem Aschenfall angebrachte Pfanne mit Wasser, um die herabfallen-

Fig. 153.

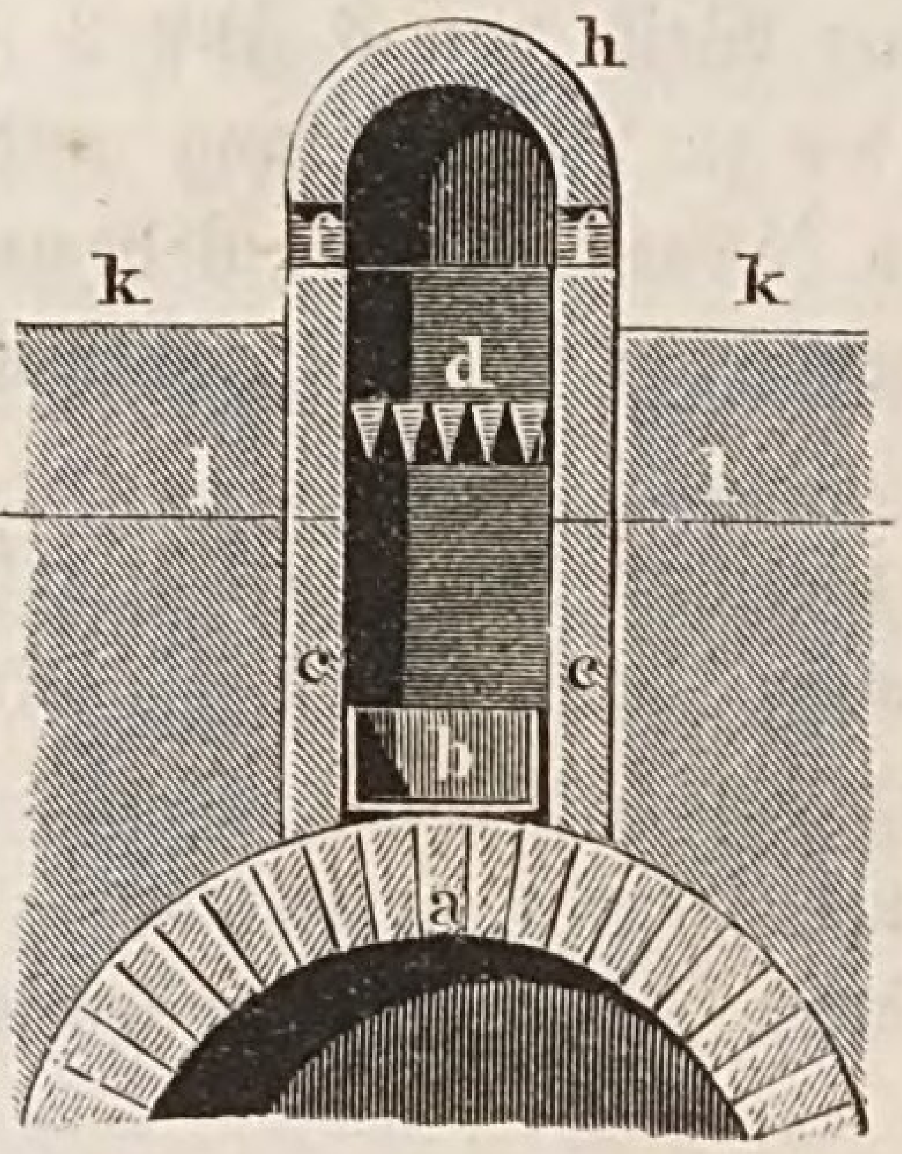
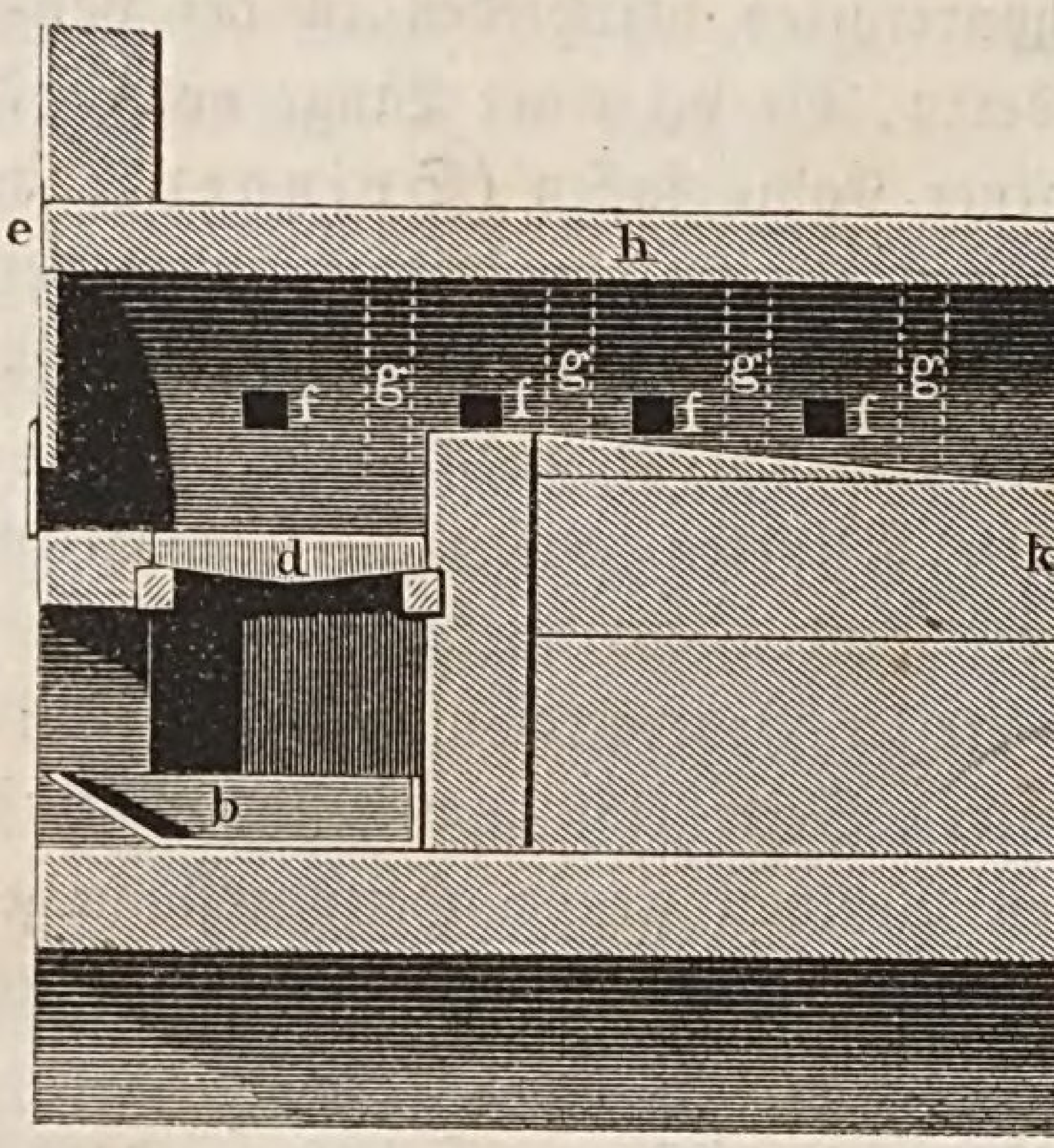


Fig. 154.

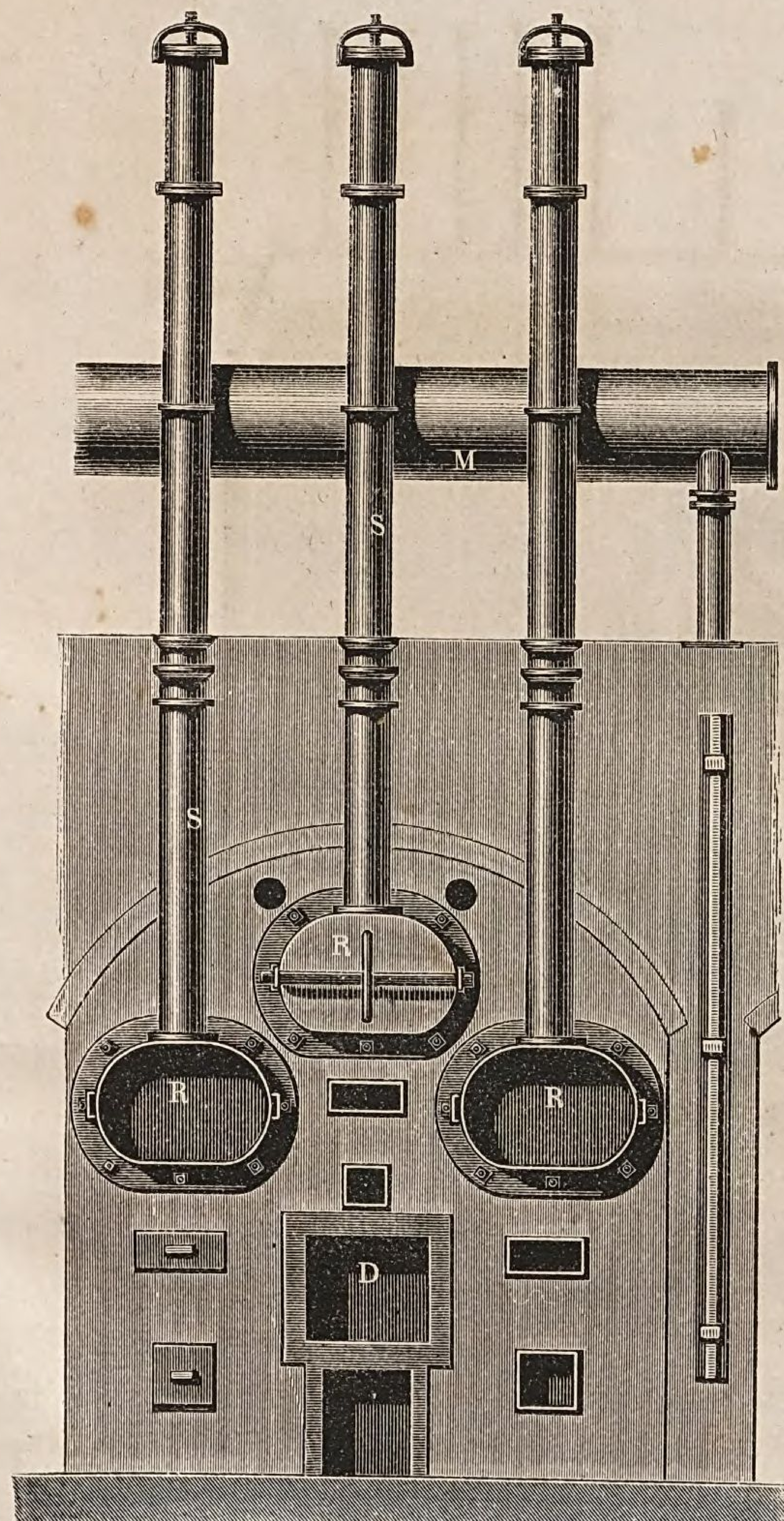


den Schlacken (von den gewöhnlich zum Heizen dienenden Cokes) abzukühlen; *c* die senkrechten Mauern aus feuerfesten gebrannten Steinen; *d* der Rost aus gußeisernen V-förmigen Stücken bestehend; *e* die Vorderwand des Retortenofens, ungefähr 9 Zoll stark; *ffff* sind die seitlich vom Gewölbe *h* angebrachten Feuerzüge, durch welche die Hitze nach rechts und links vertheilt wird; sie sind etwa 3 Zoll im Geviert weit; *gg* sind Lager aus feuerfesten Steinen, die auf beiden Seiten des Feuergewölbes und senkrecht zu demselben aufgeführt und dazu bestimmt sind, die Retorten zu tragen; sie sind etwa $4^1/_2$ Zoll stark; *h* ist das Gewölbe über dem Feuerraum, *kk* die Höhe, bis zu welcher die Oefen aus solidem Mauerwerk bestehen, also die Ebene, auf welche die Retortenlager *g g* aufgerichtet sind. Der Raum über und neben dem Gewölbe ist ebenfalls überwölbt, dies ist der eigentliche Heizraum, dessen Dimensionen mit der Anzahl und Größe der Retorten wechseln. Die Weite des Feuerraums, also die Entfernung der beiden Wände *cc* ist verschieden, je nach der Retortenanzahl, für eine Retorte nimmt sie Clegg zu 10 Zoll englisch, für zwei zu 12 Zoll und für fünf Retorten zu 14 Zoll. Die Zahl der Roststäbe und ihre Länge ändert sich ebenfalls je nach der Retortenanzahl; so dienen für Oefen mit einer Retorte fünf Roststäbe von 10 Zoll Länge, jeder 1 Zoll breit und 1 Zoll vom danebenliegenden entfernt, die Rostfläche ist also 100 Quadratzoll; für zwei Retorten sechs Roststäbe 14 Zoll lang, daher eine Rostfläche von 168 englischen Quadratzoll, und für fünf Retorten sieben 2 Fuß lange Roststäbe, daher eine Rostfläche von 336 englische Quadratzoll. Die Retorten, für welche diese Verhältnisse die passenden sein sollen, sind D-förmig, 7 Fuß lang und haben einen Querschnitt von 14″ : 14″ englisch.

Wie sehr aber die Anschauungen der Praktiker in diesem Punkte auseinandergehen, geht am besten hervor aus den Angaben, welche Pekston, ebenfalls ein englischer Gasingenieur, darüber macht. Für eine einzelne rectanguläre Retorte von 8 Fuß Länge und von einem Querschnitt von 12 Zoll auf 20 Zoll englisch beträgt die Rostfläche 450 Quadratzoll englisch. Für drei D-förmige Retorten

von 6 Fuß Länge, 20 Zoll Weite und 12 Zoll Höhe empfiehlt er eine Rostfläche von 12 Zoll Weite und 33 Zoll Länge, das beträgt 396 engl. Quadratzoll.

Fig. 155.



Die Art und Weise der Lagerung der Retorten in Oefen mit überwölbtem Feuer ist folgende: Eine Retorte wird direct auf das oben etwas abgeplattete Gewölbe gestellt. Zwei Retorten stellt man rechts und links im Niveau des Gewölbes auf Bänken, wie *g*, Fig. 154, auf.

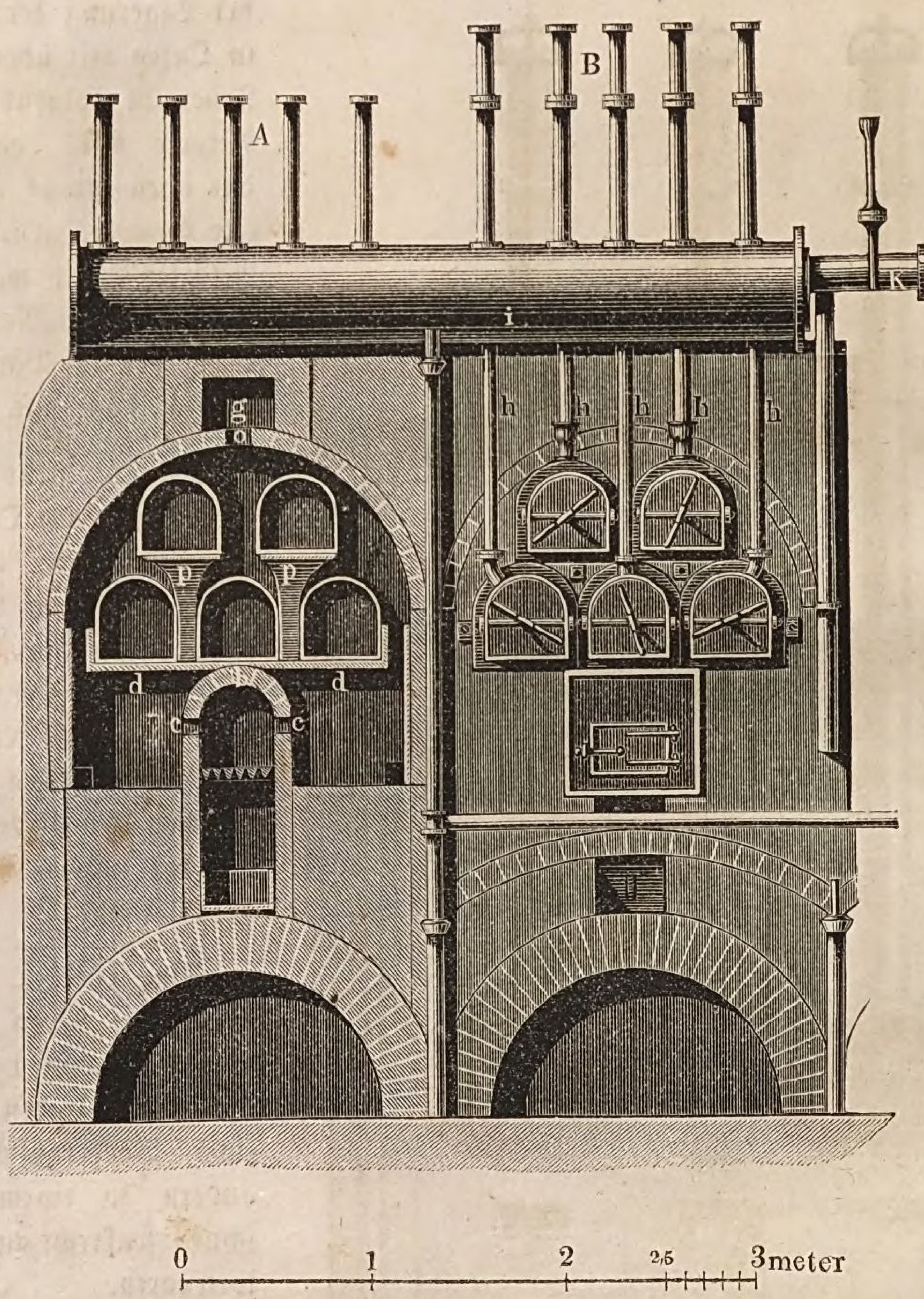
Fig. 155 stellt die Vorderansicht eines Ofens für drei Retorten aus den Gaswerken von Philadelphia dar. Zwei Retorten liegen seitlich vom Gewölbe, die dritte rechts etwas höher auf Pfeilern, welche zwischen den beiden Retorten der untern Reihe aufgerichtet sind.

Fig. 156 (a. f. Seite) stellt zwei neben einander stehende Gasöfen von fünf Retorten dar, den einen in einer Vorderansicht, den andern in einem Durchschnitt senkrecht auf die Retortenaxen.

Die Bänke, auf welchen die beiden äußeren Glieder der unteren Retortenreihen liegen, sind in der Zeichnung nicht angegeben, die mittlere liegt auf dem Gewölbe *b* auf. Diese untere Reihe ist am Boden armirt mit einer dünnen Lage feuerfester Backsteinplatten *d d*, um sie etwas gegen allzu heftige Einwirkung der Hitze zu schützen. Die beiden oberen, die als Unterstützung die Vorderwand und Hinterwand des Ofens und in der Mitte einen Tragpfeiler *p* haben, bedürfen, da sie von der Feuerstätte mehr entfernt sind, der Armirung nicht. Das Feuer dringt durch die Züge *c* in den Stützmauern des Gewölbes *b*, zieht zwischen den

Tragbänken unter der unteren Retortenreihe hin und dringt zugleich zwischen denselben aufwärts zu den oberen Retorten.

Fig. 156.



Im Ofengewölbe, das die Retorten umgiebt und die Feuerströme ihnen so nahe als möglich bringt, befinden sich einige Oeffnungen *o*, die zu einem horizontalen Canal *g* führen, welcher mit dem Hauptkamin direct, oder durch einen längs der Ofenreihe hinlaufenden zweiten weiteren Canal in Verbindung steht. Es ist aber diese Ableitungsart des Rauches und der heißen Luft nicht die ausschließlich übliche, sondern häufig wird dieselbe nicht durch Oeffnungen in der Höhe des Gewölbes, vielmehr in der Rückwand des Ofens gegenüber der Rückwand der Retorten bewerkstelligt.

135 Oefen mit frei im Feuerraum liegenden Retorten. — Diese mehr für Thonretorten oder für Thon- und Gußeisenretorten zusammen dienenden Oefen haben gewöhnlich eine weit geringere Rostfläche, als die vorher beschriebe-

nen, die Seitenwände des Feuerraumes laufen trichterartig auseinander, wie

Fig. 157.

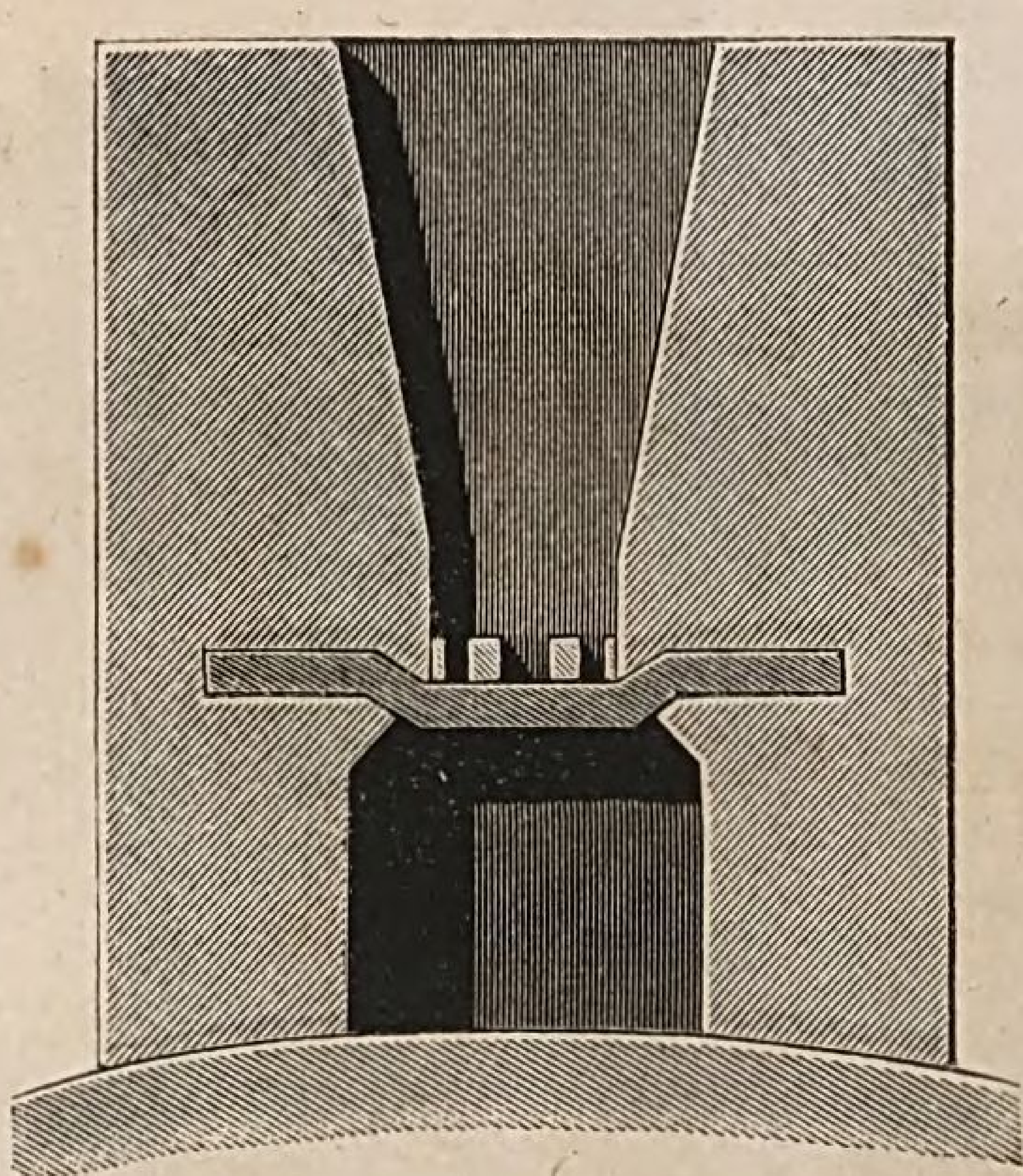


Fig. 157 zeigt. Die Roststäbe sind gewöhnlich von Stabeisen und beweglich, auch weniger an der Zahl, als bei überwölbten Feuerungen. Ein Ofen, von dem englischen Gasingenieur Croll in dem Gaswerke der Central-Gasconsumenten-Gesellschaft zu Bow erbaut, hat z. B. für dreizehn Retorten von 9 Fuß Länge nur einen Rost von zwei schmiedeeisernen Stäben von 2 Zoll Seite, $3^1/_2$ Fuß Länge, und die Weite des Feuerraumes in der Ebene des Rostes beträgt nur 6 Zoll, während sie oben 16 Zoll ist.

Diese Roste werden ziemlich hoch mit Cokes (das gewöhnliche Brennmaterial) oder Steinkohlen gefüllt, damit die unten durch den Rost eintretenden und zur Bildung von Kohlensäure verbrauchte Luft beim Aufwärtsströmen durch die glühende Kohlenschicht wieder in Kohlenoxyd verwandelt werde, welches Gas beim Ausströmen aus den Kohlen mit langen Flammen verbrennt. Die Roststäbe sind von Schmiedeeisen, weil sie höhere Hitze aushalten müssen, als die gewöhnlichen Roste; aus dem gleichen Grunde steht im Aschenfall eine Pfanne mit Wasser, das durch hineinfallende glühende Cokestheile zum Theil verdunstet und zum Abkühlen des Rostes beiträgt. Der durch die glühende Kohlenschicht aufsteigende Wasserdampf wird unter Bildung von Kohlenoxyd in Wasserstoffgas zersetzt, und trägt so ebenfalls zum Brennen der Heizmaterialien mit Flamme bei. Die Beweglichkeit der Roststäbe ist nöthig, weil sie oft gerüttelt und selbst herausgezogen werden müssen, um von den anhängenden Cokesschlacken gereinigt zu werden.

Die Einrichtung eines solchen Ofens ohne Ueberwölbung des Feuerraums, die Lagerung der Retorten darin und zugleich die Vertheilung von Thon- und Eisenretorten im gleichen Ofen wird aus Fig. 158 u. 159 (a. f. S.) ersichtlich. Diese Figuren, in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe, stellen zwei aufeinander senkrechte Durchschnitte eines Croll'schen Ofens dar. *RR* sind cylindrische Thonretorten, *R'* zwei Dförmige Eisenretorten, *e* der Feuerraum, *f* die Roststäbe, *g* die aus feuerfesten Backsteinen aufgeführten Pfeiler zur Unterstützung der Retorten, *h* der Aschenfall, *i* die Rauchcanäle. Die Eisenretorten werden von der Hitze erst dann getroffen, wenn diese auf die Thonretorten eingewirkt hat, überdies sind sie an den stärkst ausgesetzten Ecken mit Thonplatten geschützt.

Wir schicken der Betrachtung eines andern Croll'schen Ofens mit frei circulirendem Feuer und beiderlei, d. h. eisernen und thönernen Retorten, die Beschreibung einer besonderen Retortenform, die sich in mehrfacher Beziehung gut bewährt haben soll, voraus.

Diese Construction ist ebenfalls zuerst von Croll angegeben worden. Er wendet sie sowohl auf Thonretorten als Eisenretorten an, und beide charakterisiren

sich dadurch, daß sie durchweg hohl sind, also keine Rückwand haben und mit beiden Enden über die Mauer des Retortenofens herausragen. Die Eisenretor-

Fig. 158.

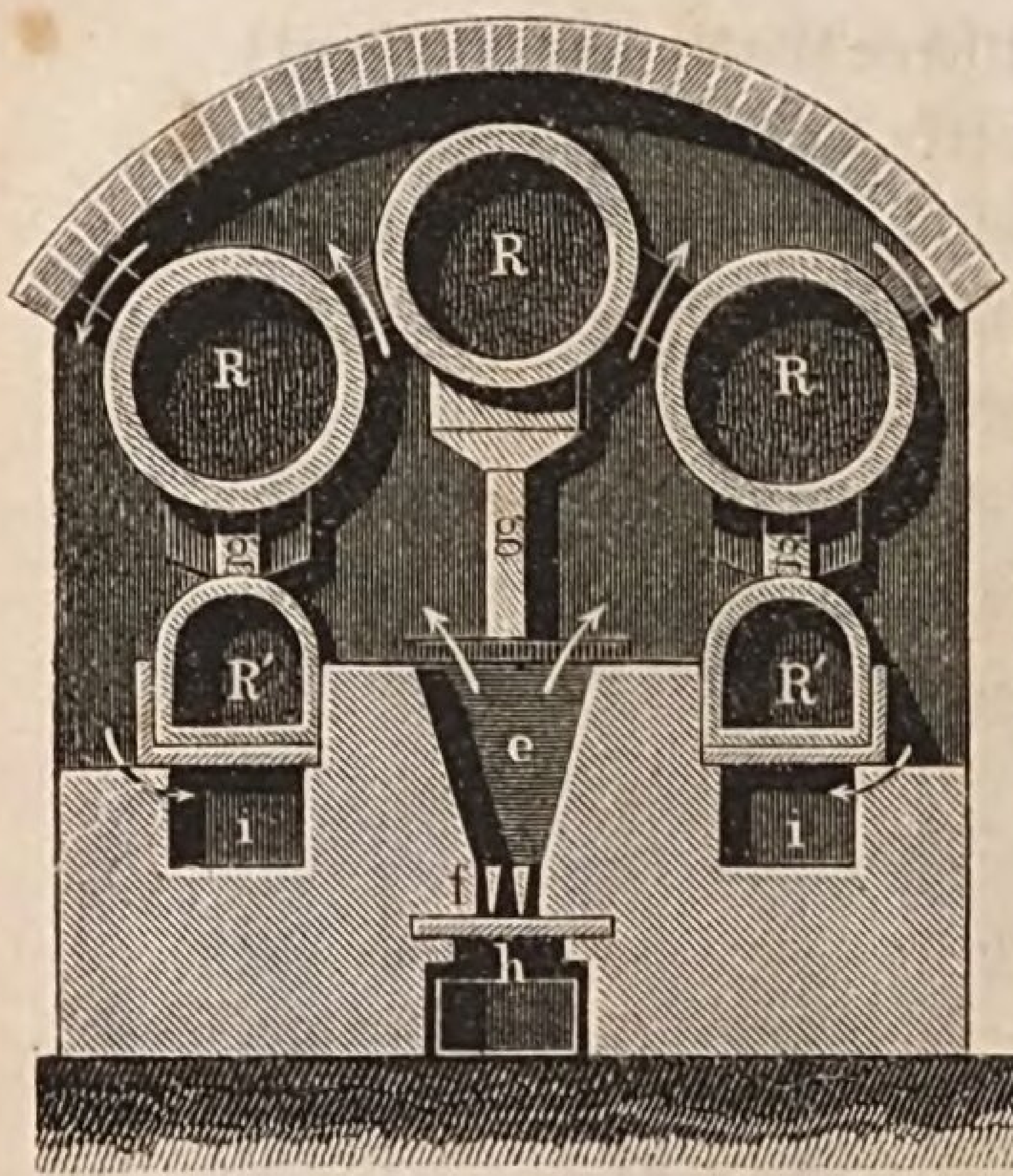
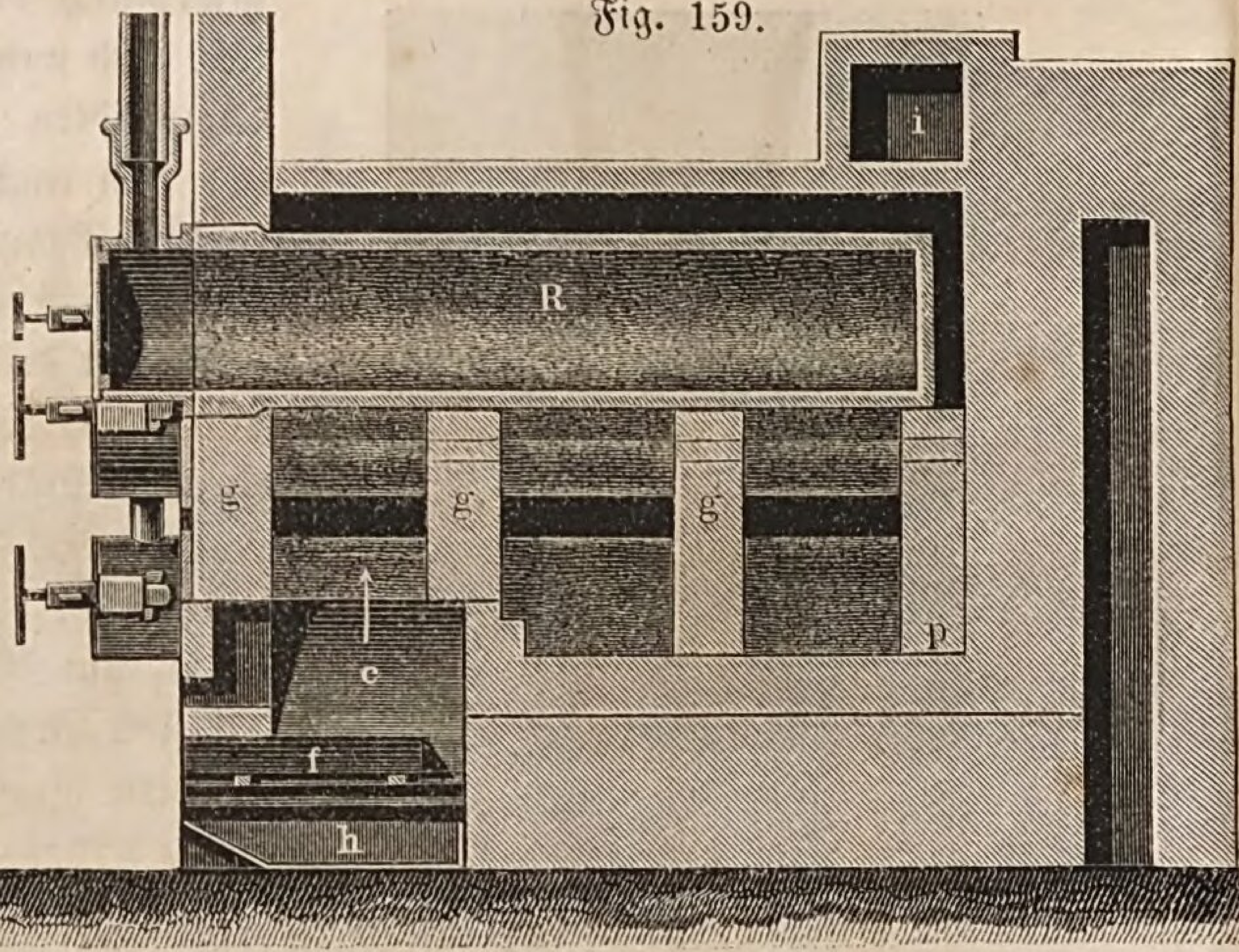


Fig. 159.




ten sind aus einem Stück ohne Mundstück, die Röhrenansätze für die Leitungsröhre sind also angegossen. An jedem Ende der Retorte ist ein solcher Ansatz und jedes Ende ist so geformt, wie das Mundstück der gewöhnlichen Eisenretorten, d. h. es hat die Einrichtungen, die zum Verschluß mit einem Deckel nöthig sind. Die Thonretorten bestehen aus mehreren kreisförmigen oder elliptischen Röhrenstücken, die mittelst feuerfester Thonmasse aneinander gekittet sind; sie haben ebenfalls zwei offene, mit Thüren verschließbare, über die Ofenwand herausragende Enden. An diesen Retorten sind gußeiserne Mundstücke für die Aufnahme der Thür und mit einem Röhrenansatz versehen angebracht.

Die Länge jeder dieser Retorten ist ungefähr 20 englische Fuß. Der zu diesen Retorten gehörende Ofen hat nicht eine eigentliche Rückwand, sondern zwei parallele Wände mit Heizthüren, Retortenmündungen zum Beschicken mit Kohlen u. s. w., kurz eine wie die andere ganz beschaffen wie die Vorderwand eines gewöhnlichen Gasretortenofens.

Croll errichtete in dem Gaswerk der Central-Gasconsumenten-Gesellschaft zu London mehrere Oefen mit sechs thönernen und sieben eisernen Retorten.

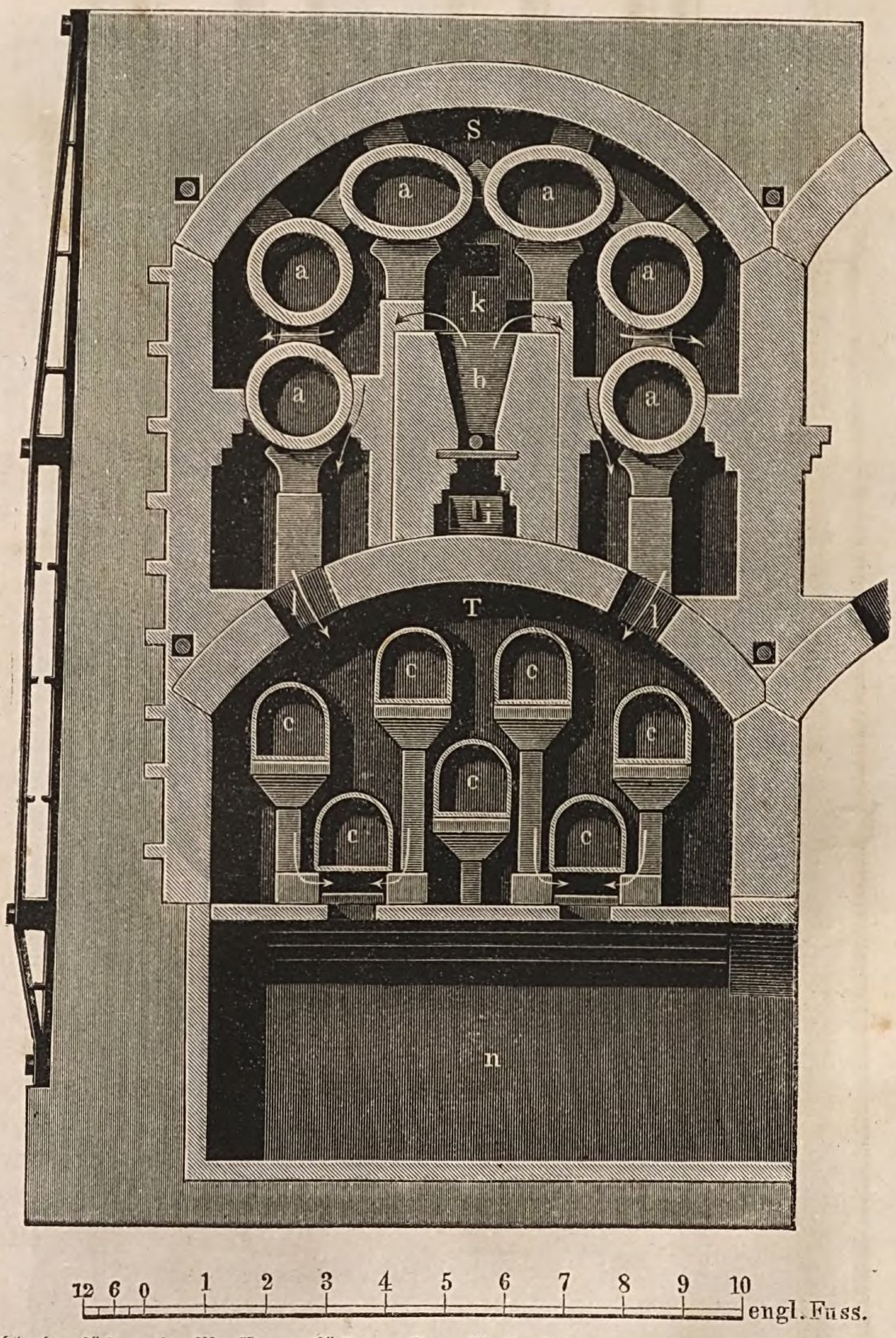
Charakteristisch für diesen Ofen ist besonders noch das, daß die Thon- und Eisenretorten in gesonderten Gewölben liegen. Fig. 160 stellt eine Vorderansicht, Fig. 161 einen senkrechten Durchschnitt quer über die Retortenaxen, Fig. 162 einen senkrechten Längendurchschnitt durch die Scheitel der Gewölbe dar. Alle diese Abbildungen sind auf $1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. *aaa* sind sechs Thonretorten, die obersten zwei elliptisch 16 Zoll : 12 Zoll englisch, die anderen vier kreisrund. Diese liegen sämmtlich im obern Ofengewölbe *S*. *ccc* sind sieben Dförmige gußeiserne Retorten, sämmtlich in dem untern Ofengewölbe *T* gelegen. *dd* sind die Gasabzugsröhren (fünf derselben in Fig. 161 nicht gezeichnet), die in die Vorlage *e*, welche über dem Ofen liegt, münden.

Fig. 160.



Die Vorlage *e*, Fig. 161 u. 162, wird von den hohlen gußeisernen Säulen *f* getragen; diese Pfeiler *f* sind durch Querriegel *hh* mit einander verbunden, auf welchen eine gußeiserne Platte ruht, die den Boden des Aschenfalls des Ofens *b* bildet; *i* ist ein

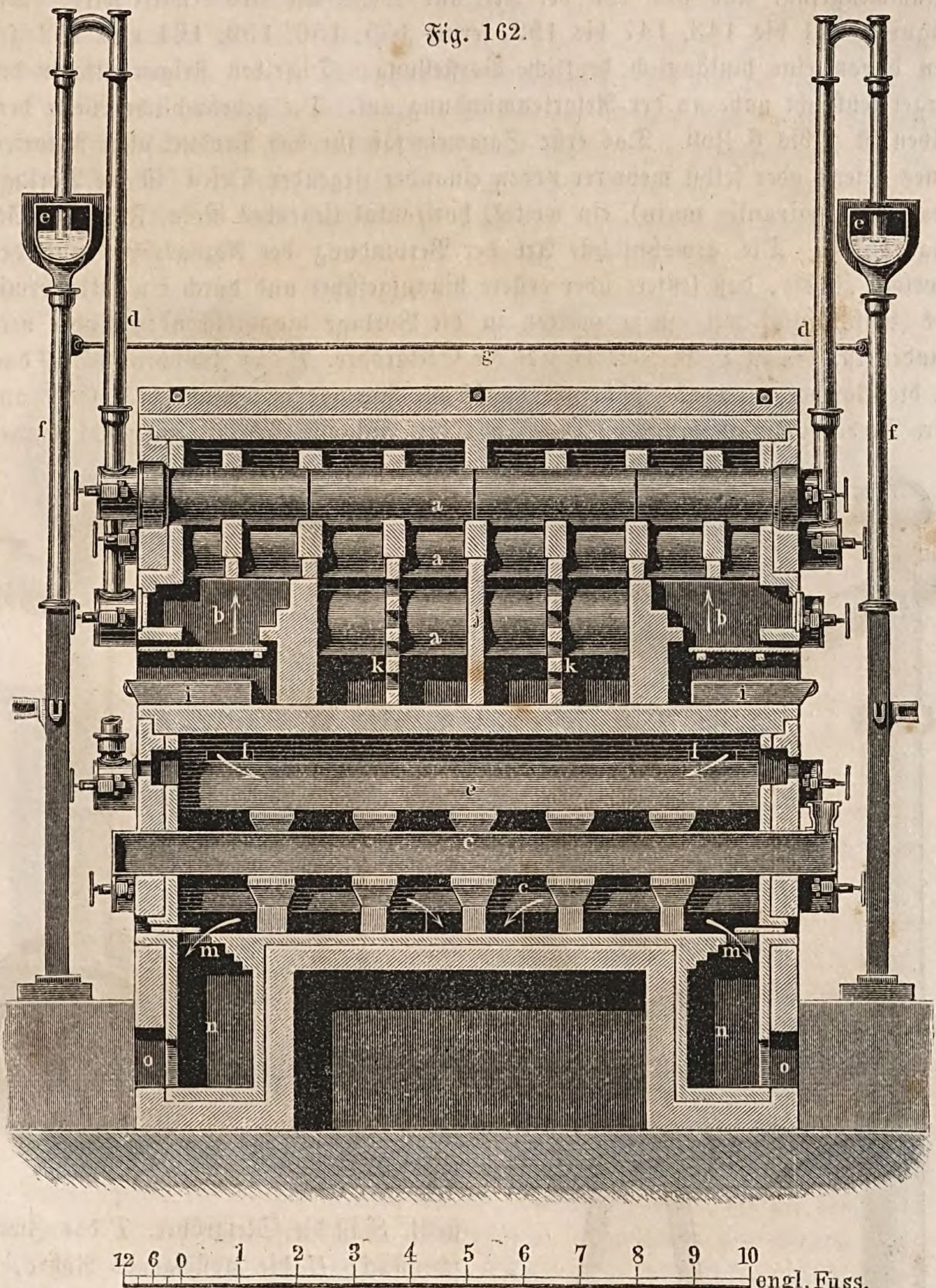
Fig. 161.



Eisenblechgefäß, mit Wasser gefüllt. Der Rost hat nur einen runden Stab. *j*, Fig. 162, ist die Scheidemauer zwischen den beiden Oefen *bb* im obern Gewölbe. *kkk* sind die Mauern, auf welchen die Retorten ruhen, diese sind (Fig. 162) durchbrochen, um dem Strom der heißen Verbrennungsprodukte des Rauchs u. s. w. Durchgang zu lassen.

ll, Fig. 160 u. 162, sind vier viereckige Oeffnungen, 14 Zoll : 10 Zoll englisch weit, welche in das Gewölbe des untern Ofens gebrochen sind, um die Flamme

Fig. 162.



und heißen Verbrennungsprodukte aus dem obern in diesen zu führen. *mm* sind Oeffnungen im Boden des untern Ofens, die mit den horizontalen Canälen *nn* communiciren und durch welche der Strom der Flamme in den Hauptkamin abgeführt wird; diese sind mit Schiebern versehen, um den Zug regeln zu können. Die Vortheile dieser Anlage sollen in großer Brennmaterialienersparniß liegen; es wird unten bei der Betrachtung des Betriebes weiter die Rede davon sein.

136 **Die Gasabzugsröhre und die Vorlage.** — Es ist wiederholt von der Stelle die Rede gewesen, an welcher die Gasabzugsröhren mit den Retorten zusammengefügt sind und von der Art und Weise, wie dies bewirkt wird. Die Figuren 141 bis 143, 147 bis 152, ferner 155, 156, 159, 161 und 162 geben davon eine hinlänglich deutliche Vorstellung. Dieselben steigen also in der Regel senkrecht nahe an der Retortenmündung auf. Die gebräuchliche Weite derselben ist 4 bis 6 Zoll. Das erste Sammelgefäß für das Product aller Retorten eines Ofens oder selbst mehrerer neben einander liegender Oefen ist die Vorlage (barillet, hydraulic main), ein weites, horizontal liegendes Rohr, Fig. 155 *M*, Fig. 156 *i*. Die gewöhnlichste Art der Verbindung der Abzugsröhre und der Vorlage ist die, daß letztere über erstere hinaufgeführt und durch ein sattelförmiges Zwischenstück mit einem zweiten in die Vorlage hinabreichenden Rohre verbunden ist. Es ist z. B. Fig. 163 *S* die Steigröhre, *T* das Zwischenstück, *U* das in die Vorlage tauchende Röhrenstück, *M* die Vorlage mit Flantsche. Eine andere Verbindungsart der Steigröhre mit der eintauchenden ist Fig. 164 darge-

Fig. 164.

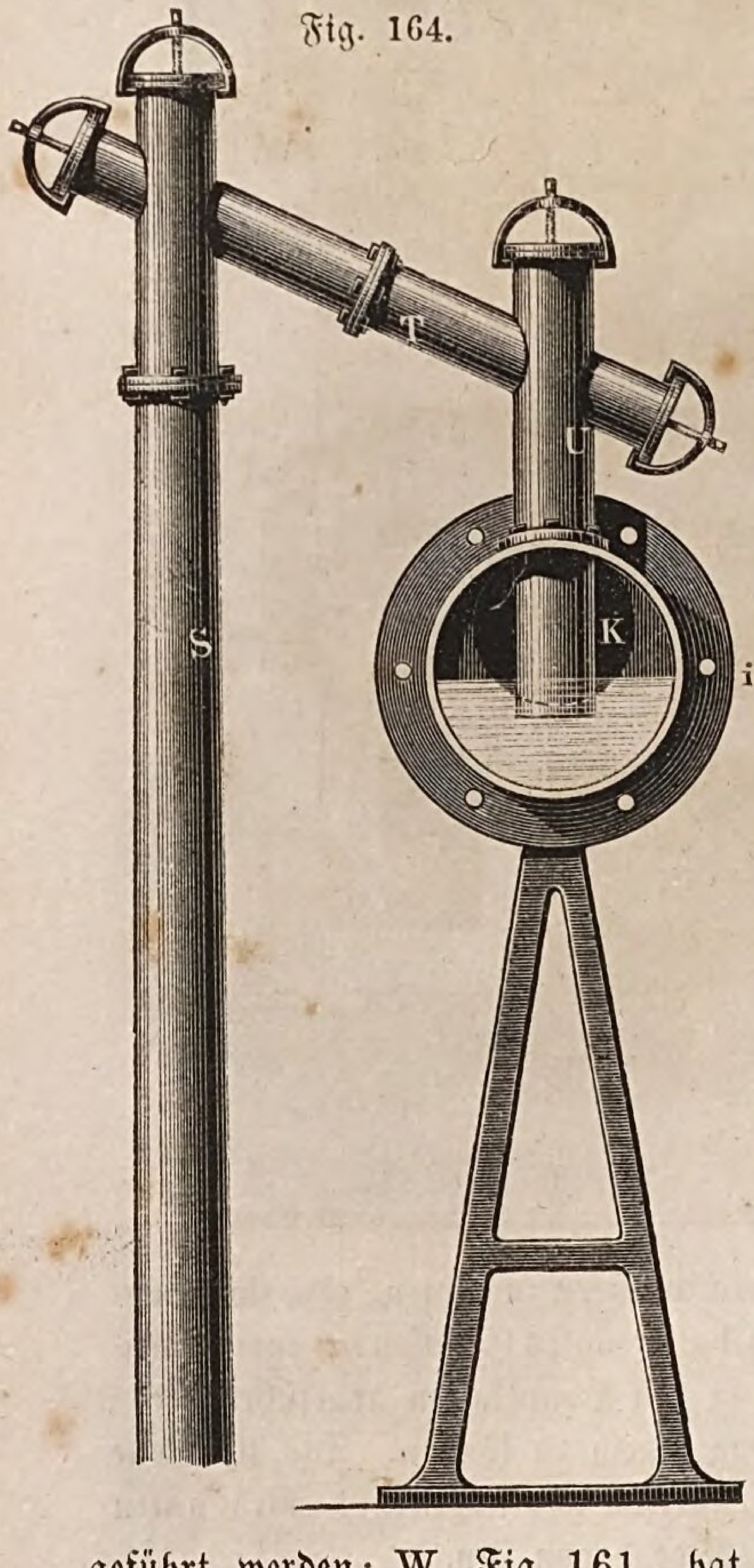
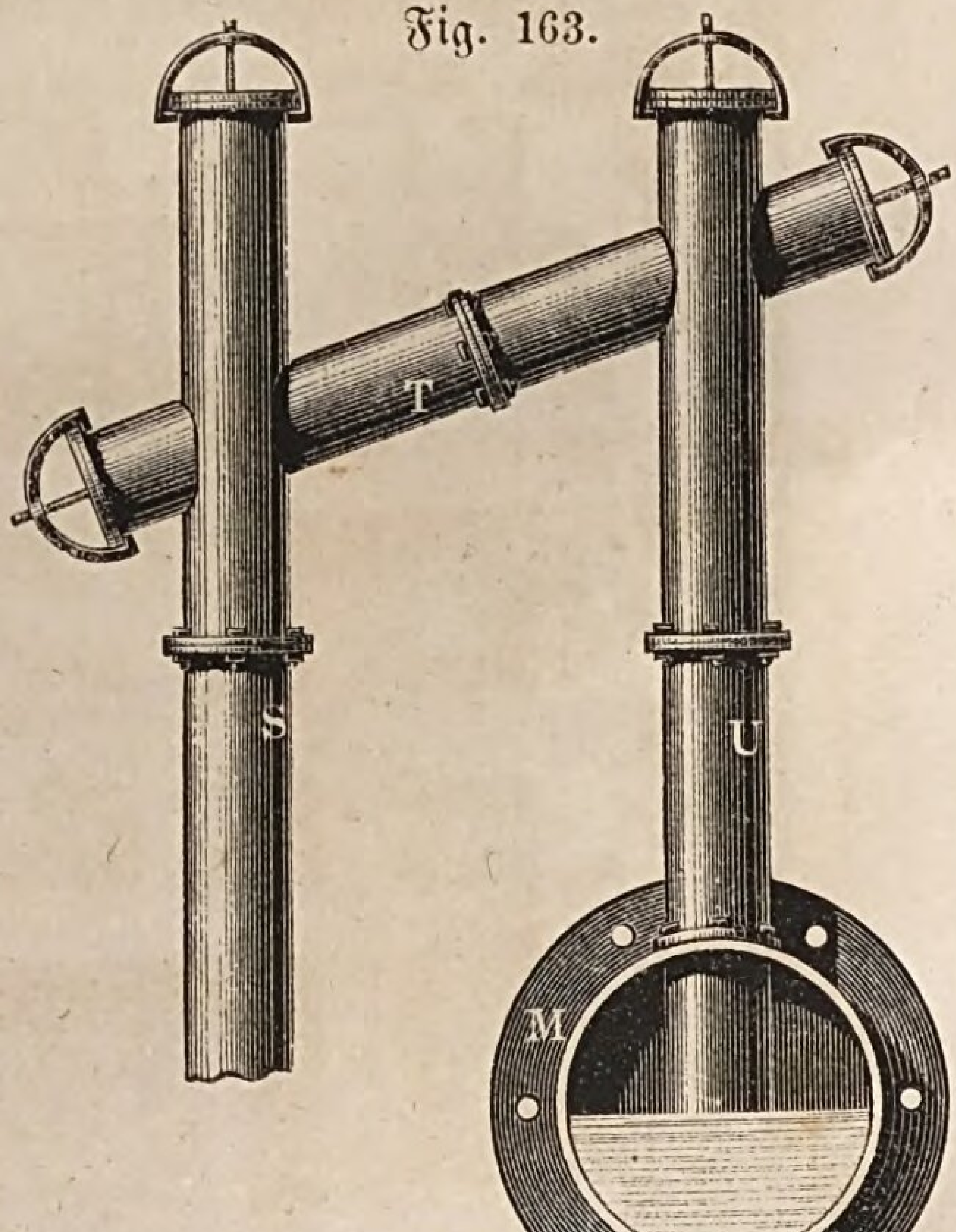


Fig. 163.



stellt. *S* ist die Steigröhre, *T* das Zwischenstück, *U* die absteigende Röhre, *i* die Vorlage mit Flantsche, *k* (siehe Fig. 156) ein am Ende derselben excentrisch angebrachter Ansatz, durch welchen einerseits der abgesetzte Theer, andererseits die gasförmig und die noch dampfförmig gebliebenen Producte fortgeführt werden; W, Fig. 161, hat denselben Sinn. Die horizontale Vorlage

ist am häufigsten aus Gußeisen gemacht, und in der Regel ist sie cylindrisch; es kommt aber auch vor, daß man sie aus genietetem Eisenblech macht, und zuweilen giebt man ihr auch im Querschnitt die D-Form, die flache Seite nach oben, die convexe nach unten gekehrt, wie Fig. 162. Die Wandstärke der gußeisernen Vorlagen beträgt $^5/_8$ bis $^6/_8$ Zoll und ihr Durchmesser 12 bis 18 Zoll. Weil ihre Schwere ein Hinderniß, und zwar nicht nur ein ökonomisches, gegen beliebiges Erweitern der Dimensionen ist, hat man begonnen, Eisenblechvorlagen zu machen. Fig. 165 ist ein Durchschnitt durch die Mitte einer solchen Röhre. Fig. 166 eine Ansicht des Endes einer solchen. Fig. 167 eine Längenansicht,

Fig. 165.

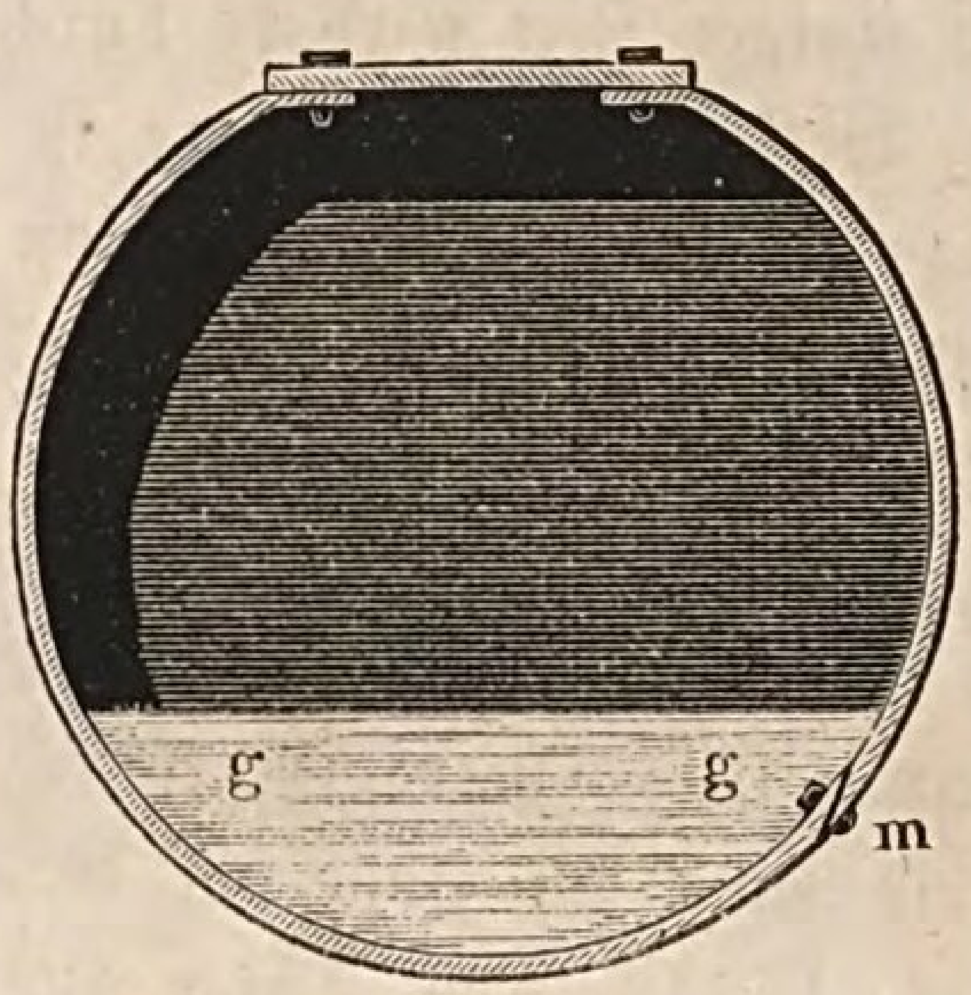


Fig. 166.

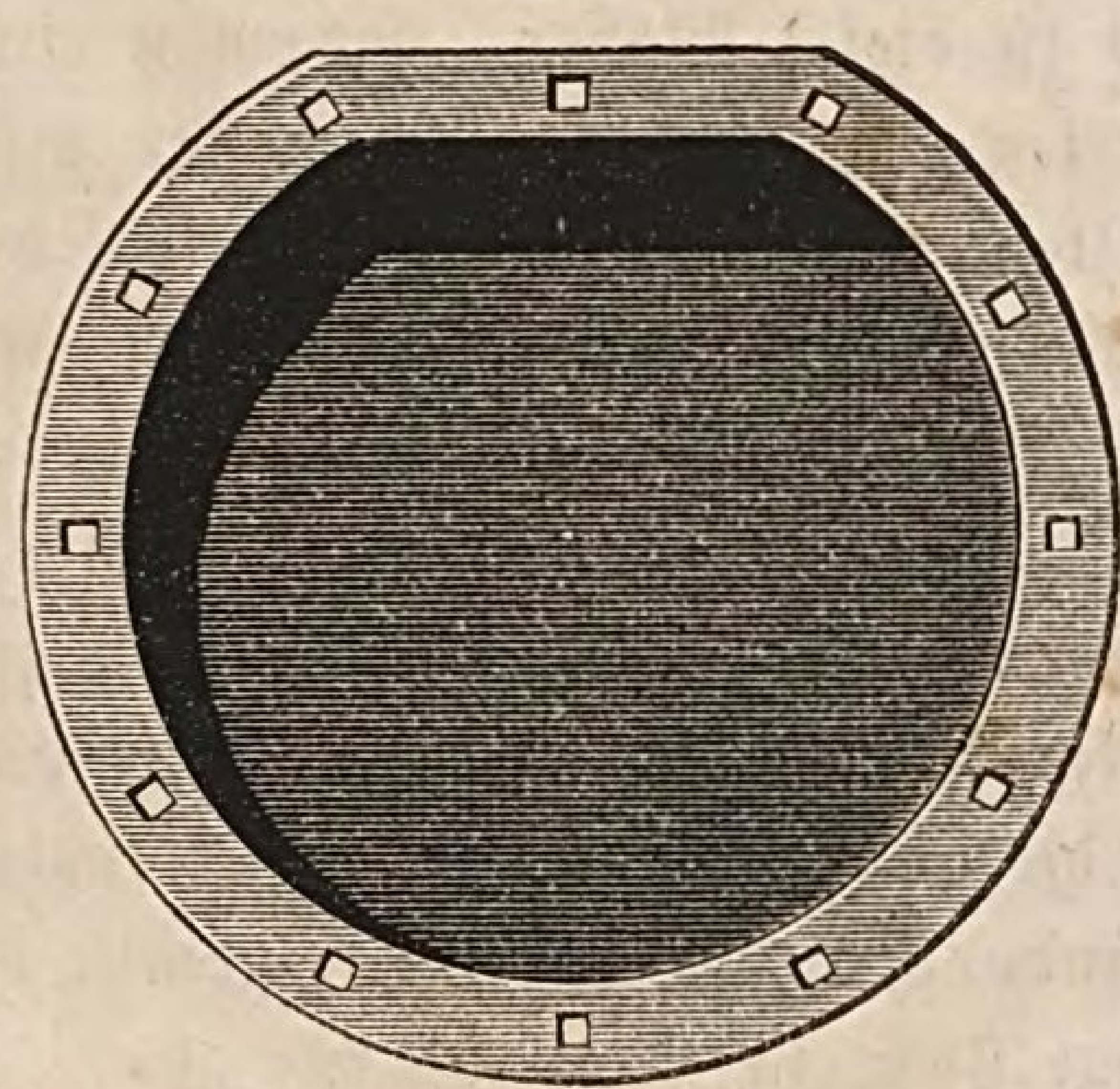
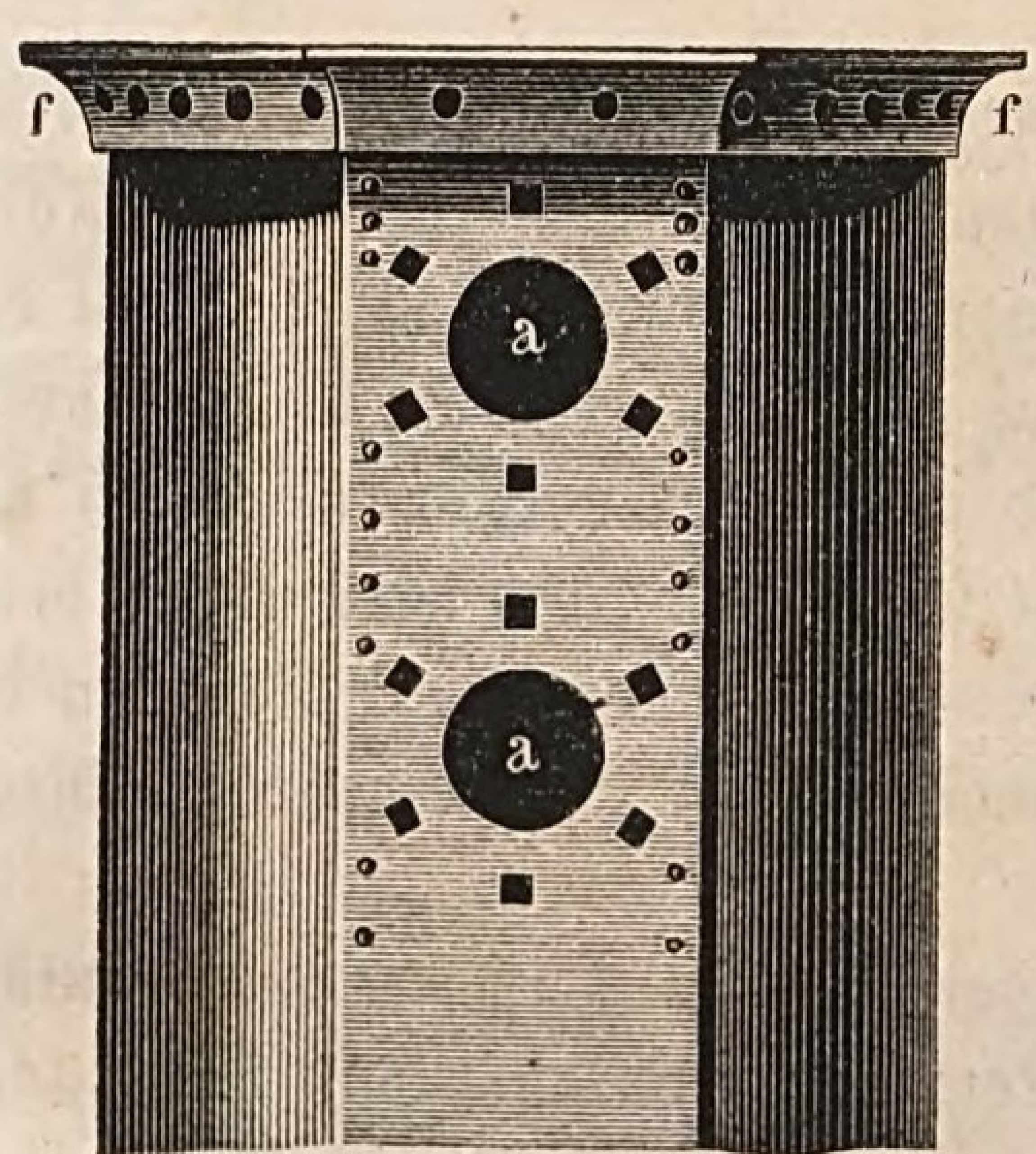


Fig. 167.



von der obern Seite der Röhre gesehen.

Das Material, woraus die Röhre gemacht ist, besteht aus $^3/_8$ Zoll dickem Kesselblech. Die Röhre ist nicht kreisrund, sondern oben abgeplattet (Fig. 167). Der cylindrische Theil ist aus Blechen von $5^1/_2$ Fuß Länge gemacht, deren zwei, eines von 3 Fuß, das andere von 2 Fuß Breite, durch Nietung aneinandergefügt werden. Die Naht *m* liegt bei der einen Blechlänge auf der rechten, bei der nächsten auf der linken Seite. Die ganze Vorlage hat eine der Vorderwand der Oefen entsprechende Länge; an jedem Ende ist sie mit einer 3 Zoll breiten Flantsche versehen, durch welche die Bolzen gesteckt werden, um den Boden oder die nächsten Stücke ebenfalls mit Flantschen daran zu befestigen. Die Flantschen werden aus Façoneisen, Fig. 167 *ff*, gemacht; es sind Kränze von rechtwinklig gebogenen Blechstreifen, deren convexer Theil an die Röhren genietet ist, während der flache die Flantsche bildet.

Die flachen Stücke am obern Theil der Röhren sind etwa 7 bis 8 Fuß lang und auf den cylindrischen Theil ebenfalls mit Nieten befestigt. In diesen flachen Theil sind kreisrunde Oeffnungen *a a* geschnitten von etwa 5 bis 6 Zoll Durchmesser, in welche die absteigenden Enden der Gasabzugsröhren gesteckt sind; jede dieser Oeffnungen ist mit Nietlöchern umgeben, um die Flantsche

der eingesenkten Röhre zu befestigen. Die einzelnen Röhrenstücke haben Zwischenwände von Kesselblech *gg*, 7 Zoll hoch, und zwar in der Mitte jeder Blechlänge und an jedem Ende eine solche, so daß deren Entfernung von einander $2^1/_2$ Fuß beträgt. Diese tragen zum Verstärken des Ganzen bei. Vorlagen, auf diese Art und in den angegebenen Dimensionen ausgeführt, finden sich in verschiedenen englischen Gaswerken.

Wie aus den Figuren 162, 163 und 164 hervorgeht, tauchen die abwärts gekehrten Enden der Gasabzugsröhren bis auf eine gewisse Tiefe in die horizontale Vorlage ein. Es befindet sich in derselben eine Flüssigkeit, welche die Mündungen dieser herabsteigenden Röhren absperrt. Zu Anfang des Betriebes eines Ofens ist dieses Wasser, das man einfüllt, nach einiger Zeit wird es durch den gebildeten Theer und Theerwasser ersetzt. Die Wirkung der Vorlage ist eine doppelte: sie dient als Raum für die vorläufige theilweise Condensation von dampfförmigen mit dem Gas aufgestiegenen Körpern, und vermöge der vorhandenen Flüssigkeit als hydraulisches Ventil, mit dem jede einzelne Retorte abgeschlossen ist, so daß, wenn zum Zweck der Beschickung oder Entleerung eine derselben geöffnet wird, weder Luft weiter als bis zur Vorlage eindringen noch Gas aus den anderen Retorten des gleichen Ofens austreten kann. Die Theerabflußröhre wird so in die Vorlage eingefügt, daß letztere immer bis über die Höhe der Gasröhrenmündungen mit Flüssigkeit gefüllt bleibt (s. Fig. 164). Der Theer aus der Vorlage fließt in eine Cysterne ab.

137 **Das Retortenhaus.** So wird das Gebäude genannt, worin die Retortenöfen aufgerichtet sind. Es sind wenig allgemeine Regeln über Größe, Form und Constructionseigenthümlichkeit dieser Gebäude anzugeben. Was die Zahl der Retorten und Retortenöfen angeht, so ist darauf zu achten, daß sie wegen unvermeidlich vorkommenden Unbrauchbarwerdens und nöthiger Reparaturen um 20 bis 25 Proc. die aus dem Consum berechnete Zahl übersteige. Es wird unten beim Betrieb von der durchschnittlichen Dauer und Leistungsfähigkeit der Retorten die Rede sein; die hierüber gewonnenen Erfahrungssätze geben die Elemente der Rechnung an die Hand.

Die Form der Retortenhäuser englischer Gaswerke ist meist die rectanguläre und die Einrichtung so, daß die Bänke der Retortenöfen parallel mit den Langseiten des Gebäudes laufen. Die Oefen sind in einfachen oder doppelten Reihen aufgestellt, so daß nur nach einer Seite hin oder nach zweien Vorderseiten von Retorten liegen. Die Länge einer Ofenreihe (»Bank«) hängt natürlich von der Anzahl und Weite der Ofengewölbe ab, die Breite derselben von der Länge der Retorten und deren Aufstellungsart, ob zwei- oder einreihig. Bei sieben Fuß langen Retorten beträgt die Breite der einreihigen Bank etwa 8 Fuß, bei zweireihigen mit Einschluß der $1^1/_2$ Fuß starken Scheidemauer ungefähr 16 Fuß. Man läßt gewöhnlich 14 Fuß Raum vor jeder Ofenwand, so daß die ganze Breite eines Retortenhauses mit zwei mit dem Rücken gegen einander gekehrten Bänken $2 \times 14 + 16 = 44$ Fuß beträgt. Bei längeren als siebenfüßigen Retorten wird natürlich die Breite der Ofenbank und des Retortenhauses entsprechend größer. Die Ofenbank wird aber in der Regel auch an ihren Enden freigestellt, so

daß man rings um dieselbe mit Karren fahren kann. An den Enden der Ofenreihe läßt man wenigstens 7 Fuß Raum.

Die Weite eines einzelnen Ofengewölbes ist natürlich je nach der Retortenanzahl und anderen im Obigen erläuterten Verhältnissen sehr verschieden. Doch rechnet man im Durchschnitt von der Mitte eines Gewölbes bis zur Mitte des benachbarten 7 Fuß. Einem Gebäude mit 12 Oefen neben einander, also mit 24 Oefen, wenn doppelreihig aufgestellt, wäre demnach eine Länge (innen gemessen) von $12 \times 7 + 14 = 98$ Fuß zu geben.

In vielen Gaswerken werden längs der Ofenvorderwände Cokesgewölbe angelegt. In diesem Falle zieht man dem Ausgraben des für sie nothwendigen Raumes die Erhöhung der Ebene, in welcher die Feuerungen liegen, vor. Der Boden der Cokesgewölbe liegt in diesem Falle in gleicher Höhe mit der Bodenfläche, worauf das Gebäude steht. Die Sohle der Heizräume liegt 8 bis $8^1/_2$ Fuß höher, und bis 14 Fuß über diese Ebene reicht die Höhe der Umfassungsmauer des Hauses, das also eine Gesammthöhe von 22 bis $22^1/_2$ Fuß hat. In französischen Gaswerken häufiger, seltener in englischen, trifft man auch sechs- bis zwölfeckige Retortenhäuser, in deren Mitte das Hauptkamin steht. Das Dach der Retortenhäuser muß feuerfest sein, es ist deshalb aus schmiede- und gußeisernem Sparrwerk und häufig Eisen- oder Zinkblech, gewöhnlicher aber Schiefer ausgeführt. Endlich ist für geeignete Ventilation im Dache selbst oder durch Anlage von Saugcanälen, die mit dem Hauptkamin in Verbindung stehen, zu sorgen. Die Kamine, gewöhnlich freistehend, haben eine Höhe von 70 bis 100 und mehr Fuß und einen Querschnitt von 6 bis 16 Quadratfuß, je nach der Retortenanzahl. Man findet in der Praxis Schornsteine, die $^3/_{10}$, und solche, die $^6/_{10}$ Quadratfuß Querschnitt für je einen Quadratfuß Rostoberfläche haben. Die Kohlenmagazine sind in der Regel Anbaue rechts und links am Retortenhause.

Die Apparate zum Reinigen des Gases.

Bei der Reinigung des Leuchtgases handelt es sich theils um Verdichtung 138
gewisser dampfförmiger, dem Gas beigemischter Körper, theils um chemische Bindung gasförmiger Stoffe. Die Verdichtung wird bewirkt durch Erniedrigung der Temperatur des gas- und dampfförmigen Gemisches, und zwar entweder mittelst Vorbeiführens desselben an festen Körpern, woran sich die tropfbar oder fest werdenden Körper leicht ansetzen, oder mittelst Durchpassirenlassens durch kalte Flüssigkeiten, oder endlich nur durch längeren Aufenthalt in äußerlich abgekühlten Röhren.

Vorrichtungen, die durch Condensation wirken. Hierher ge- 139
hören zunächst die Kühler (refrigerants, condensers); dies sind in der Regel im Zickzack geführte Röhrensysteme, die man von außen kühl erhält. Man unterscheidet stehende (verticale) und liegende Kühlvorrichtungen. Die Figuren 168, 169 und 170 stellen eine gebräuchliche Construction der verticalen Kühler vor.

Fig. 168 ist ein Längendurchschnitt, Fig. 169 ein Querdurchschnitt. Die Röhren *b, c, e* sind von Gußeisen und je nach ihrer Höhe können sie aus einem Stück oder aus verschiedenen mit Flantschen verbundenen Theilen bestehen. Sämmtliche

Fig. 168.

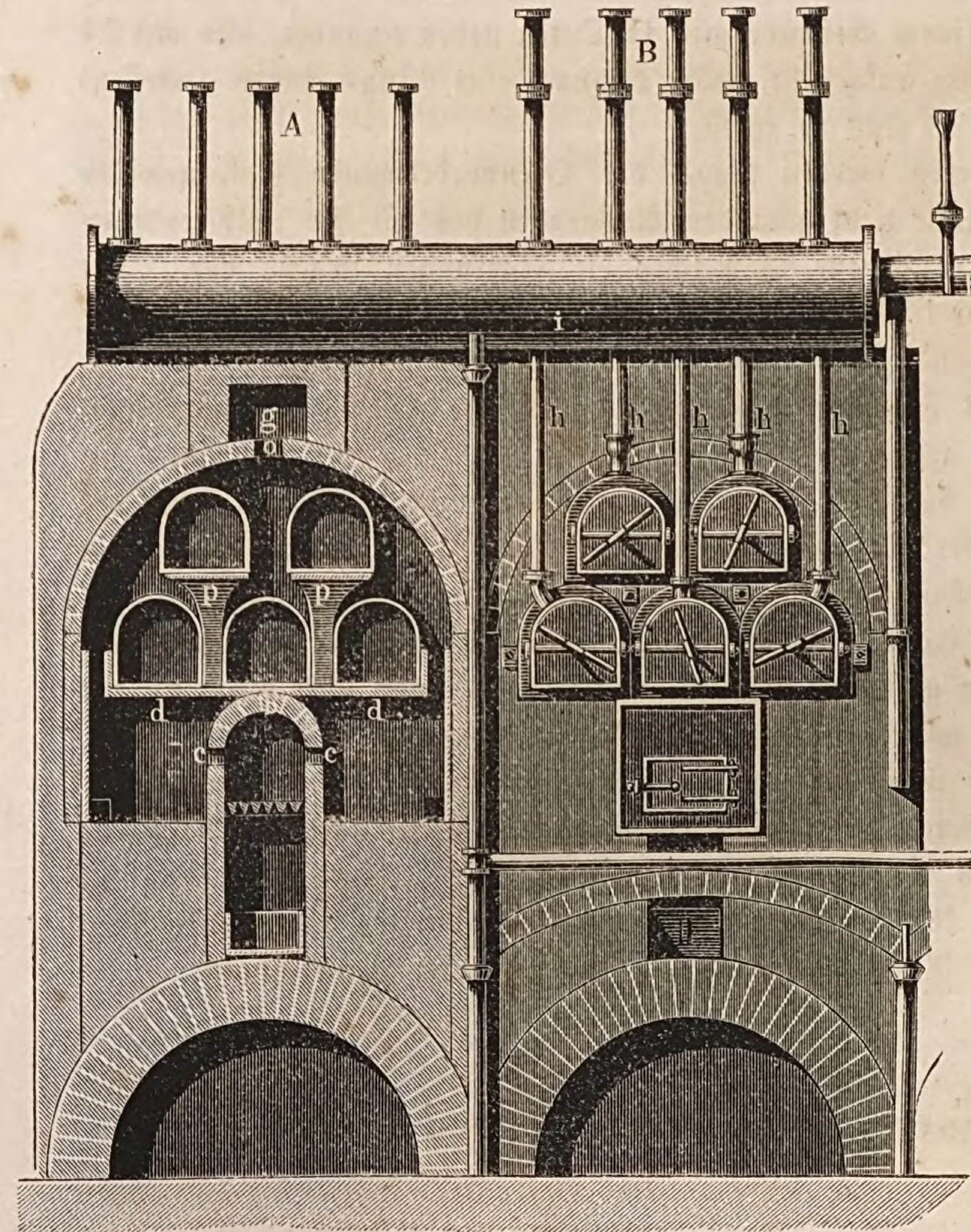
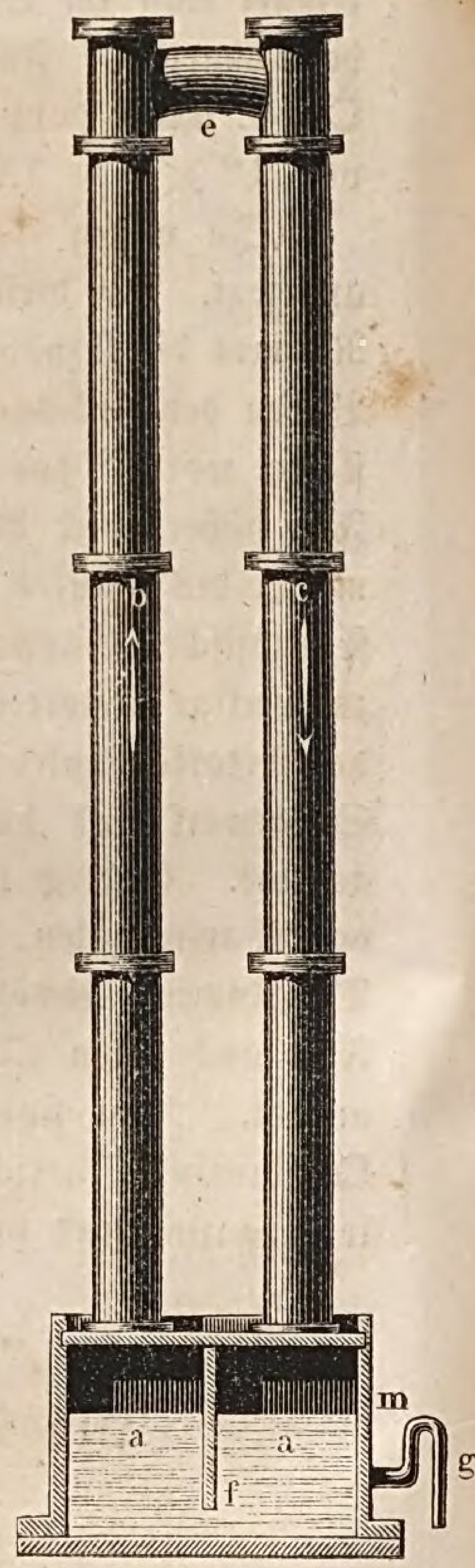


Fig. 169.



Röhren stehen auf einem gußeisernen Kasten, der sowohl der Länge als der Quere nach in Fächer getheilt ist; diese Fächer sämmtlich sind bis zu ungefähr ihrer halben Höhe *m* mit Wasser gefüllt, und communiciren am Boden sämmtlich mit einander, d. h. die Zwischenwände *f* reichen nicht ganz bis zum Boden. In diesen Räumen sammelt sich der durch Condensation erzeugte Theer und das Theerwasser; es ist deshalb durch eine Abzugsröhre zu sorgen, daß keine Ueberfüllung stattfinde. Das Abzapfen bei Erhaltung eines gleichbleibenden Niveau und ohne Gefahr des Austretens von Gas kann leicht durch eine heberförmig gebogene Röhre wie *g* geschehen. Dem Querschnitt nach sind je zwei der stehenden Röhren oben mit einander verbunden, dem Längendurchschnitt nach findet unten durch den Raum über *m* in dem Kasten *A* Verbindung zwischen je zwei Röhren statt. Fig. 170, ein Grundriß des Kastens, wird den Weg, welchen das Gas durch die doppelte Röhrenreihe nimmt, deutlich machen. *e* sind die am Kopf der

Röhren angebrachten Sättel oder Brücken; *aa* die Fächer, in welche der Kasten *A* eingetheilt ist. Das Gas tritt bei *S* in den Kasten *A*, steigt durch die Röhre 1 auf, durch 2 ab, durch 3 auf, durch 4 ab und so durch alle ungeradzähligen auf-

Fig. 170.



wärts, durch die geradzähligen abwärts, bis es bei 18 unten aus dem Fach *a* austritt. Es kommt vor, daß man die Röhren, in welchen das Gas abwärts geht, etwa 1 Zoll unter das Niveau der Absperrungsflüssigkeit münden läßt; in diesem Falle erreicht man vollständige Condensation der im Gas enthaltenen Dämpfe, aber man hat den Nachtheil, daß das Gas den Druck der kleinen Wassersäule überwinden muß. Bei kalter Jahreszeit verliert die Röhrenleitung durch Strahlung in den Luftraum so viel Wärme, daß ein weiteres Unterstützungsmittel für die Abkühlung nicht nöthig ist, ja es kann sogar im Winter Verstopfung der Röhren durch condensirtes Naphtalin und kohlensaures Ammoniak, was sich in festen Rinden ansetzt, erfolgen. Im Sommer ist die erste Sorge: Abhaltung directen Sonnenlichtes; da aber dies häufig nicht ausreicht, so bedient man sich entweder einer Träufelvorrichtung, so daß die Röhren ununterbrochen auf ihrer ganzen Oberfläche benetzt werden, und sich vornehmlich darum, weil viel dieses Abkühlungswassers verdunstet und dadurch Wärme gebunden wird, abkühlen, oder man umgiebt, wenn nicht den ganzen Abkühlungsapparat, so doch die letzten Röhrenpaare, mit wasserdichten eisernen Kasten, die mit kaltem Wasser gefüllt erhalten werden. Dies Wasser muß häufig erneuert werden, um hinlänglich niedrige Temperatur zu behalten. Es wird daher eine größere Menge fließenden Wassers, wo man diese Einrichtung trifft, als immer vorhanden vorausgesetzt. Ist nicht Wassermangel ein Hinderniß für die letztgenannte Abkühlungsart, so ist es einfacher, den ganzen Abkühlungsapparat nicht zu stellen, sondern in ein Reservoir zu legen.

Fig. 171 (a. f. S.) giebt eine Seitenansicht eines horizontalen Kühlers. *A* und *B* sind zwei über einander und in einem gemauerten, theilweise mit Wasser gefüllten Becken *KK* gelegene Röhren; das Gas tritt bei *C* ein, geht von *A* nach *B* und von da seitlich durch *D* in eine andere Röhre, die mit *B* im gleichen Niveau liegt, von dieser durch einen Arm, ähnlich *E*, aufwärts in eine mit *A* in gleicher Ebene liegende Röhre, und so in immer ein anderes Paar über einander liegender Röhren, bis es wenigstens zehn bis zwölf Mal die ganze Länge des Wasserkastens durchströmt hat. Die horizontalen Verbindungen liegen sämmtlich auf der Seite, wo *D* sich befindet, die verticalen auf der, wo *E* liegt. Jedes Glied der unteren Röhrenreihe hat wie *B* an dem Verbindungsstück *F* ein Abzugsrohr für den verdichteten Theer. Dieses Winkelrohr *G* hat zwei mit Deckeln und Bügeln verschließbare Oeffnungen, um sowohl den horizontalen als den verticalen Canal reinigen zu können. *mm* ist eine eiserne Wand, in welcher alle

Röhren wasserdicht liegen; sie theilt die Cisterne *KK* in zwei Theile; der links liegende größere ist mit dem Abkühlungswasser gefüllt, der nach rechts liegende dient zum Sammeln des Theers. Die Mündung des Rohres *G* taucht unter das

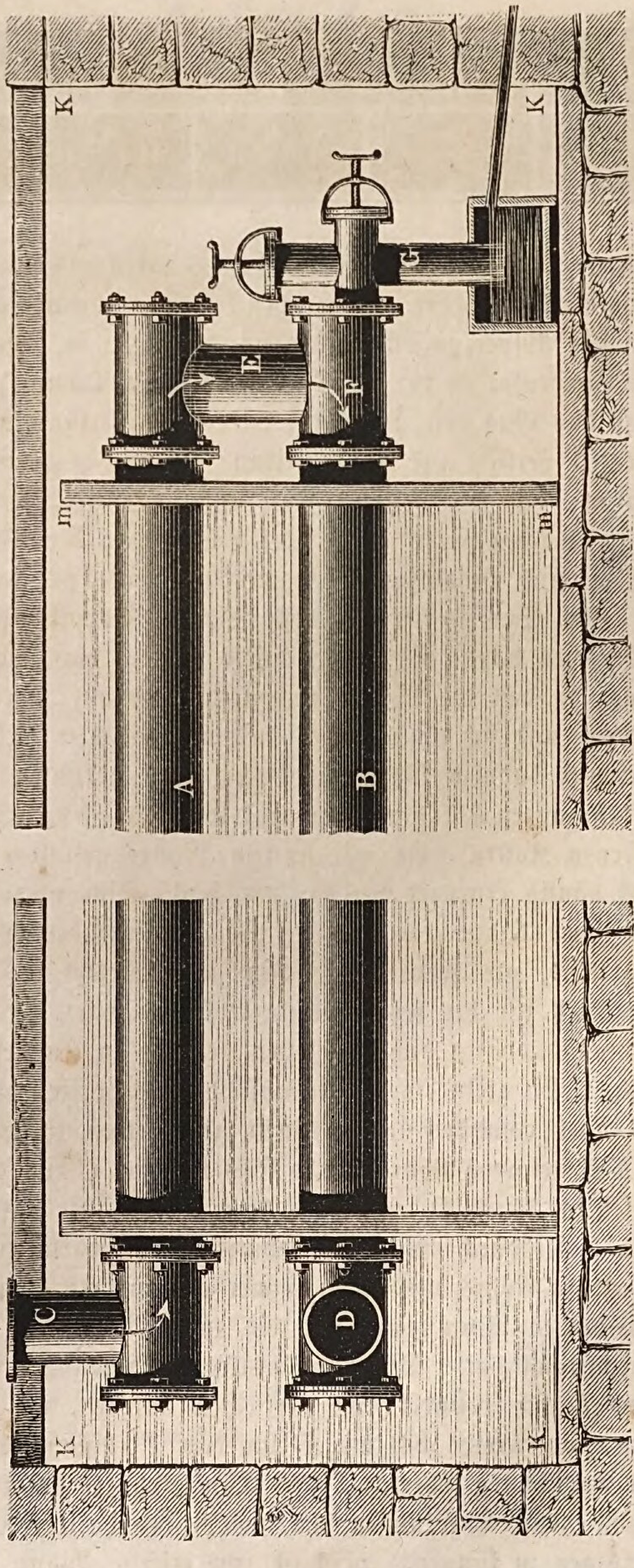


Fig. 171.

Niveau des in einem länglichen gußeisernen Kasten gesammelten Theers und Theerwassers, damit nicht Gas entweichen könne. Zum Behuf vollständigeren Auslaufens der condensirten Flüssigkeiten ist das ganze Röhrensystem gegen die Seite hin, wo sich die Ablaufmündung befindet, circa 1 Proc. der Röhrenlänge geneigt.

Das abkühlende Mittel bei den beschriebenen Vorrichtungen befindet sich außen, d. h. nicht in Berührung mit dem Gas. Bei den von Luft umgebenen Kühlern ist nur der Temperaturunterschied zwischen dem Gasgemische und der Atmosphäre wirksam, bei den mit Wasser umgebenen tritt zu Gunsten der abkühlenden Wirkungen die hohe specifische Wärme des Wassers verglichen mit der der Luft auf. Bei ihnen kann das abkühlende Medium am leichtesten durch rascheren oder langsameren Wechsel auf gleichmäßiger Temperatur erhalten werden, und bei dem Träufelapparate kommt das Latentwerden von Wärme, die zur Verdunstung des Wassers gebraucht wird, hinzu (siehe Gruppe Chemische Technologie des Wassers). Es kann deshalb nicht gut eine Regel angegeben werden für die Weite und Länge der Röhren des Kühlers. Die Weite entspricht indeß nahezu der Weite des Hauptleitungsrohrs bis zum Condensator, die Länge stellt man so her, daß auf je 1000 Kubikfuß stündlich durchströmenden Gases eine abkühlende Oberfläche von 90 Quadratfuß sich ergiebt.

Die nun zu betrachtende Gruppe von

Condensationsapparaten unterscheidet sich von der vorigen dadurch, 140
daß das Gas mit der abkühlenden Flüssigkeit in unmittelbare Berührung gebracht wird. Es ist deshalb der Vorgang in denselben nicht ein rein physikalischer, sondern es tritt eine chemische Thätigkeit, da das Wasser gewisse Stoffe, z. B. Ammoniak und Ammoniaksalze, theilweise absorbirt, hinzu; man heißt diese Apparate daher auch »Wascher«, und man unterscheidet folgende Systeme der Construction.

1. Das Gas durchbricht vermöge seines Drucks, ähnlich wie in den Vorlagen, eine nicht zu hohe Flüssigkeitssäule.

2. Das Gas strömt durch Gefäße, die mit lockeren und feucht erhaltenen festen Substanzen gefüllt sind.

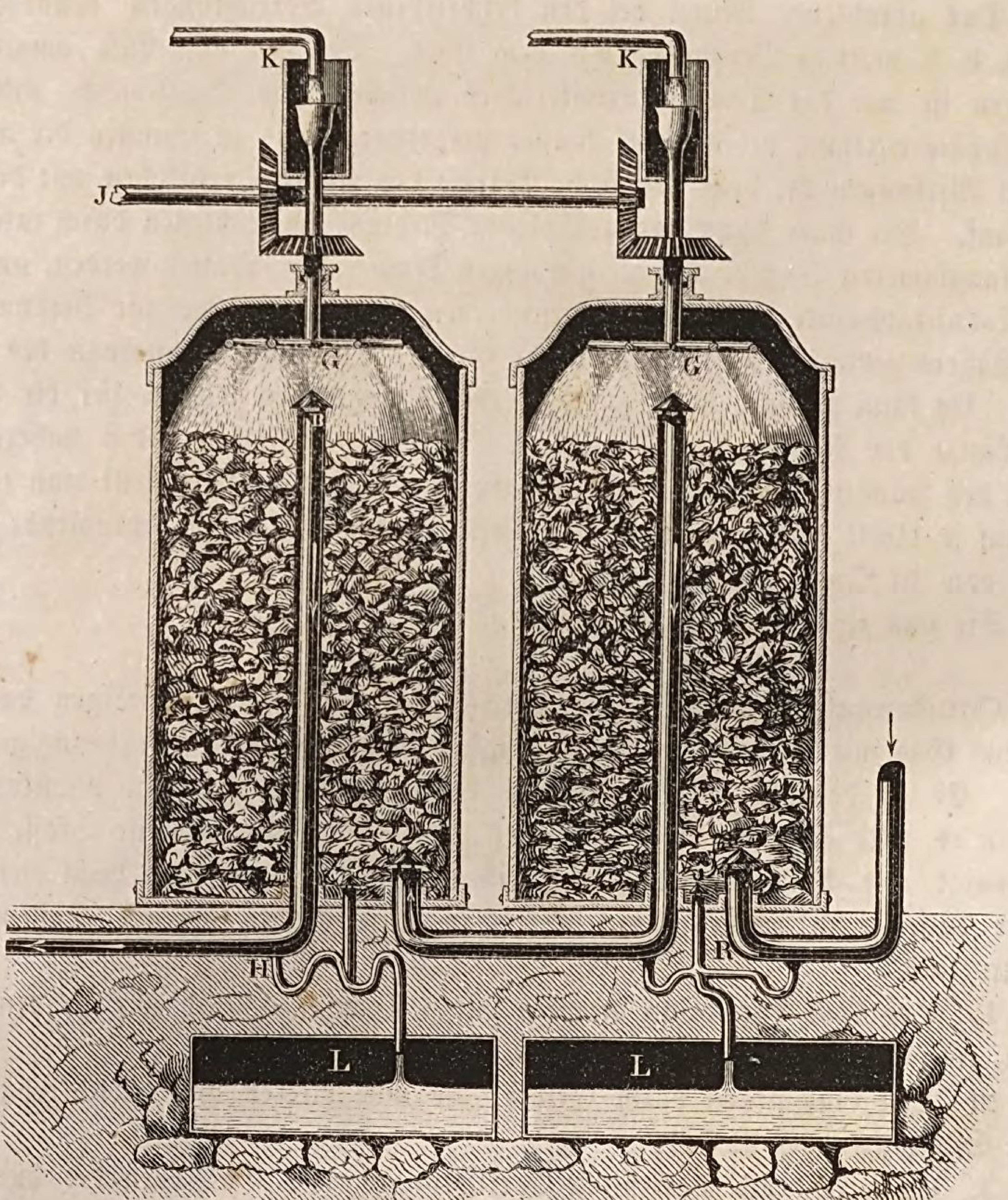
3. Es wird durch mechanische Vorrichtungen das Gas entweder durch die Wassermasse hindurch oder über sie hin und an beständig naß erhaltenen festen Körpern vorbeigeführt.

Die erstgenannte Vorrichtung trifft man zuweilen in englischen Gaswerken noch, und zwar ist ein solcher Waschapparat (das Waschfaß, wash-vessel) zwischen die Retorten und den Kühler eingeschoben. Wegen der Vermehrung des Druckes, den diese Einrichtung veranlaßt, und wegen der Nothwendigkeit häufiger Erneuerung des Wassers, da es sehr schnell theericht und warm wird, kam man bei Anlage neuer Gaswerke davon zurück.

Zu den Einrichtungen der zweiten Art gehören die sogenannten Scrubbers. Das sind, s. Fig. 172 (a. f. S.), eiserne, aus genieteten Blechen zusammengesetzte Cylinder, oder hölzerne stehende Tonnen, die mit Cokesstücken oder Steinen, auch zuweilen mit Holzspänen gefüllt sind, über welche gewöhnlich durch ein hohles und um seine verticale Axe drehbares Röhrenkreuz, an welchem viele Löcher an-

gebracht sind, unaufhörlich Wasser herabträufelt. Die Träufelvorrichtung ist häufig auch ohne Drehung vorhanden. Das Gas strömt unten in den Wascher ein, geht durch den Wasserregen aufwärts und wird, oben gefaßt, gewöhnlich noch

Fig. 172.



durch einen zweiten derartigen Apparat geführt. Es muß für Abzug des Wassers und Theers am Boden des Waschers und am untersten Theile der Röhre gesorgt sein. Die zu diesem Zwecke dienlichen Einrichtungen sind auf der Fig. 172 hinlänglich verständlich angedeutet. Die Scrubber lassen an Sicherheit ihrer Wirkung manches zu wünschen, indem sie zwischen den Cokes oder Hobelspänen zufällig weitere Durchpässe bilden können, durch welche das Gas, ohne besondere Reinigung zu erfahren, hindurchströmen kann. Nach längerem Gebrauche lassen dieselben etwas an Wirksamkeit nach, weil die darin vertheilten festen Körper sich ganz mit Theer überziehen. Die Rolle derselben ist aber eine doppelte: sie sollen das Wasser in dünne Strahlen vertheilen und zugleich durch Flächenanziehung Theertheilchen verdichten. Es ist eine unbestrittene Erfahrung, daß, ganz abgesehen von Temperaturerniedrigung, das Vorbeiströmen des Leuchtgases an rau-

hen Flächen fester Körper, das Abgeben theeriger und anderer fester Bestandtheile sehr fördert.

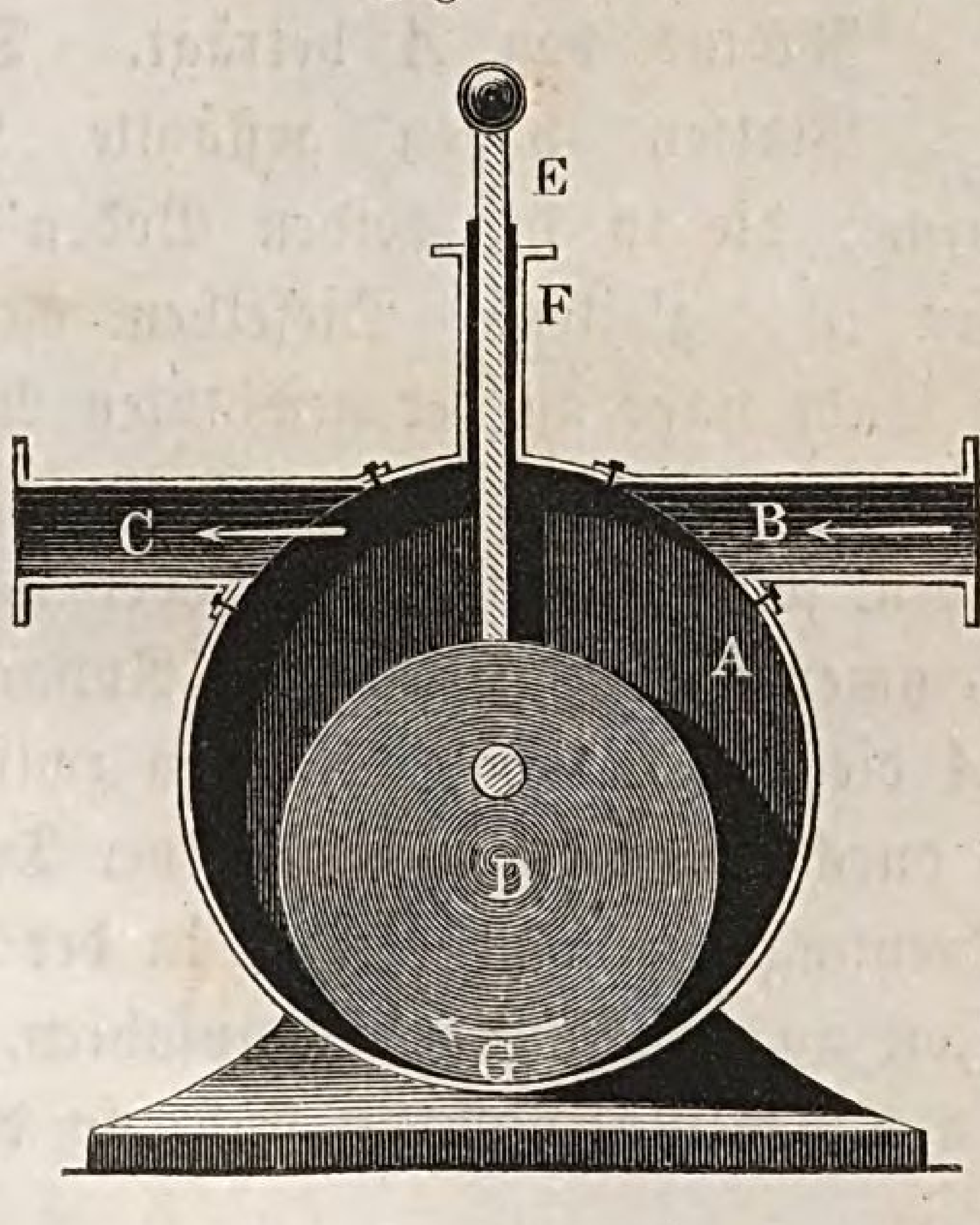
Aus diesen Gründen hat man in ziemlich vielen Gasfabriken mechanische Vorrichtungen zum Waschen des Gases eingeführt. Dieselben bedürfen nicht besonderer Beschreibung an dieser Stelle, da die gleichen Constructionen entweder auch zum eigentlichen Reinigen des Gases dienen, oder weil mit demselben Apparate noch ein anderer Zweck verbunden ist, das Ansaugen des Gases aus den Retorten; wir werden also bei den Reinigern und Exhaustoren diesen Vorrichtungen begegnen.

Wo **Exhaustoren** oder **Aspiratoren**, d. h. Apparate zum rascheren Entfernen des Gases aus den Retorten, in Anwendung sind, werden sie gewöhnlich unmittelbar hinter den Kühlern und Waschern in die Reihe der übrigen Vorrichtungen eingeschaltet. Es mag daher am Platze sein, dieselben auch hier abzuhandeln. Die Exhaustoren dienen gewöhnlich nur in größeren Gaswerken, wo sich die für ihren Betrieb nöthige Elementarkraft, Dampfmaschine u. s. w., lohnt. Ihre Vortheile sind vornehmlich folgende: Sie vermindern den Druck in den Retorten, der erfahrungsgemäß zur Zersetzung des Gases und der Kohlenablagerung an den Wänden die Hauptveranlassung ist. Wo ferner das Gas durch Flüssigkeiten geführt werden soll, kann der dazu erforderliche Druck verringert werden, wenn der Exhaustor hinter die Waschapparate gestellt wird. 141

Man kann diese Apparate eintheilen in trockenwirkende und hydraulische. Unter den erstern sind diejenigen zu verstehen, die nach dem Systeme der verschiedenen, für Wasserhebung längst gebrauchten Pumpen, excentrische und Kolbenpumpen, construirt sind.

Fig. 173 stellt einen solchen Apparat vor, den man in englischen Gaswerken trifft. *A* ist eine gußeiserne Trommel von 4 bis 5 Fuß Durchmesser und etwa 3 Fuß Breite (die Dimensionen lassen sich natürlicherweise sehr verändern; ein Exhaustor nach diesem System, der in den Westminster Gasworks arbeitet, ist wohl etwas größer, er dient aber auch für einige hundert Retorten). *B* ist ein röhrenförmiger Ansatz zum Einlassen, *C* ein solcher zum Ableiten des Gases. *D* ist eine zweite Trommel, deren Drehungsaxe excentrisch in ihr selbst, aber im Centrum der großen Trommel liegt. Das von der Axe entfernte Segment *G* dieser inneren Trommel berührt bei der Drehung derselben beständig die Innenwand der größeren. *E* ist ein Schieber, eine Eisenplatte von der Breite der Trommel, die in einem ebenso breiten geschlitzten Ansatz *F*, der senkrecht über der Trommel *A* steht, bei jeder Drehung von *D* auf- und abgeführt wird. Die Drehung von *D* erfolgt in der Richtung des Pfeiles. Der Raum rechts von *E*, der mit dem Einlaßrohr in Verbindung steht, vergrößert sich, bis *D* in der entgegengesetzten Stel-

Fig. 173.



lung, d. h. bis *G* unterhalb des Schlitzes *F* angekommen ist. Unmittelbar nach diesem Momente wird *B* einen Augenblick geschlossen, das eingelassene Gas aber durch den unteren Theil der Trommel *A* nach *C* zum Abzugsrohre gedrängt. Der in den Westminster Gaswerken aufgestellte excentrische Exhaustor läßt in der Stunde etwas über 12000 Kubikfuß Gas hindurch.

Eine andere Einrichtung eines ebenfalls trocken wirkenden Exhaustors ist die nach dem System der frottirenden Pumpe von Beale ausgeführte von Stolz. Fig. 174 erläutert das Princip dieses Apparates. *A* ist eine hohle Eisentrommel, auf der Axe *a* laufend und eingeschlossen in eine weitere Trommel *B*, ebenfalls von Gußeisen. An der letzteren befinden sich die beiden Röhrenansätze *C* und *D* für Ein- und Ausströmen des Gases nach der Richtung der Pfeile. Die Trommel *A* ist gleichsam in zwei Halbcylinder durch zwei auf beiden Seiten bis

Fig. 174.

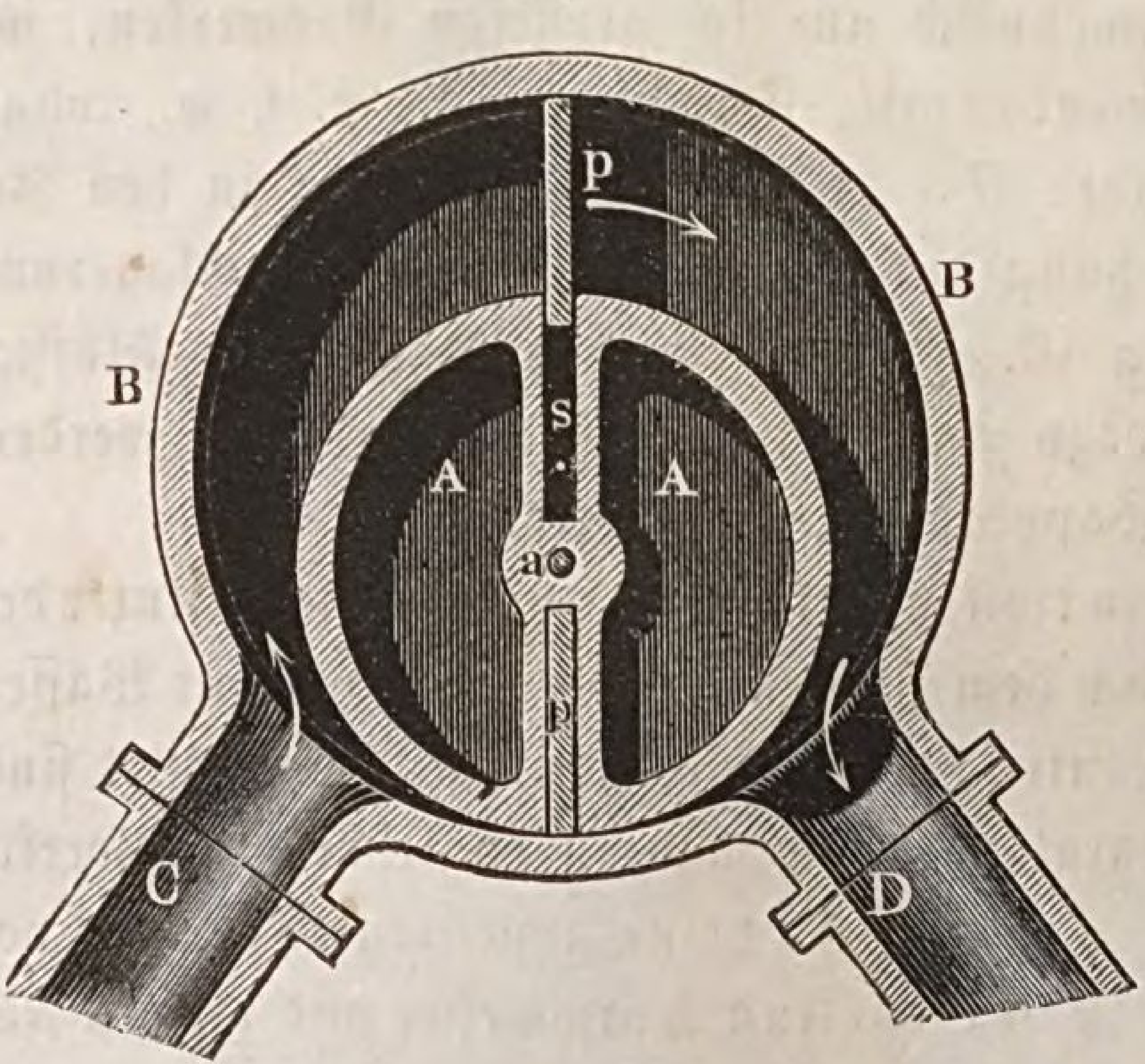
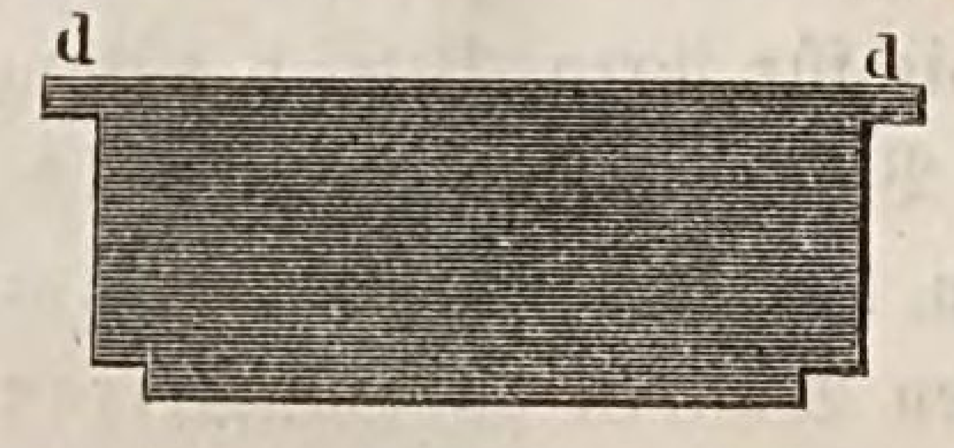


Fig. 175.

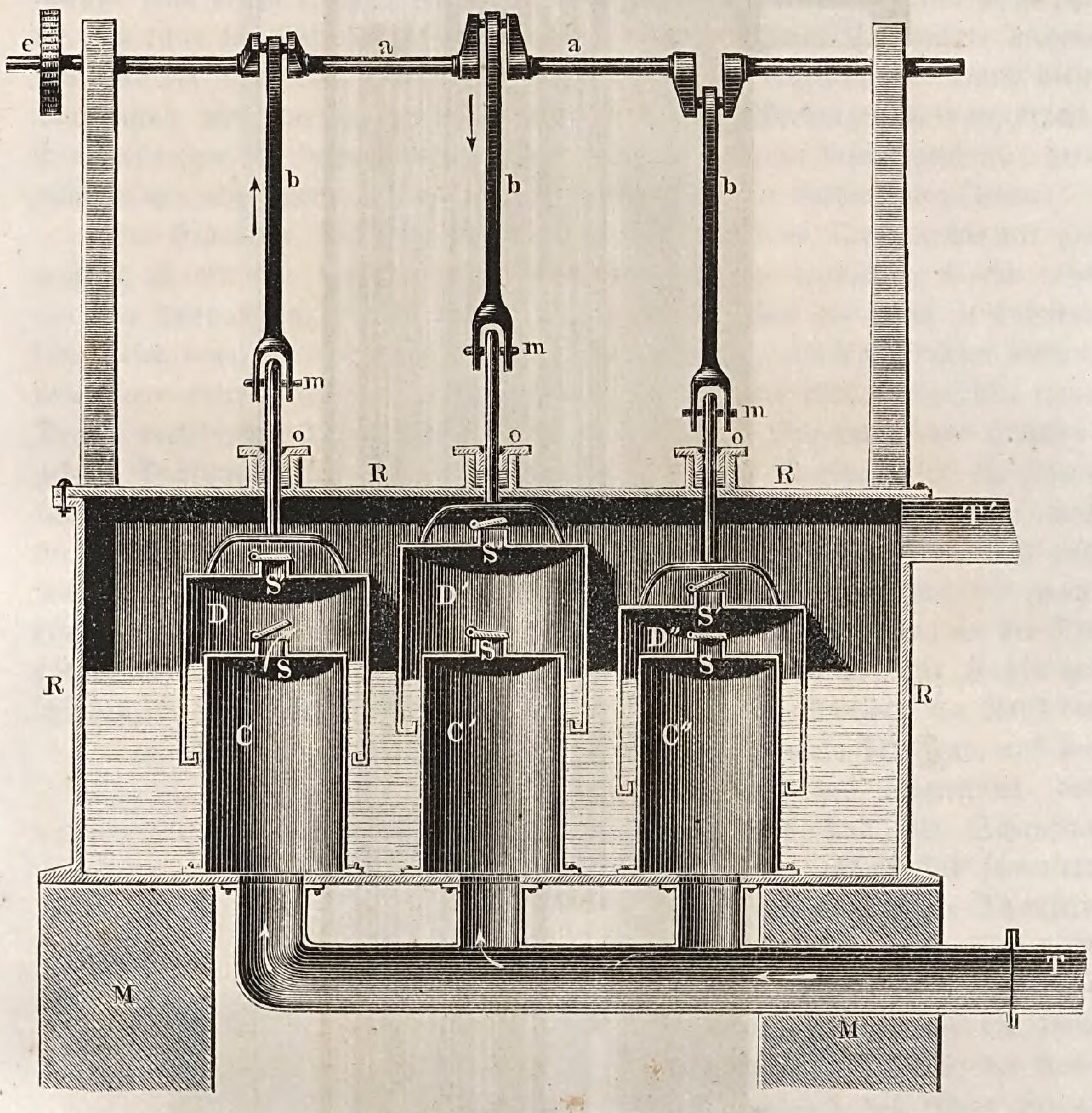


in die Nähe der Axe gehende Schlitze gespalten. In diesen Schlitzen gleiten zwei Platten *pp* von der Form Fig. 175, deren Distanz der Trommelwände *B*, deren Höhe aber etwas mehr als den Radius von *A* beträgt. Diese Platten haben gestählte Vorsprünge *dd*, mit welchen sie in einer Furche, die in die beiden Boden von *B* ganz nahe an der Peripherie eingelassen ist, gleiten. Dieselben werden durch diese Anordnung immer mit dem einen Ende nahe an der gewölbten Wand von *B* gehalten, während die excentrische Stellung von *A* bewirkt, daß sie in verschiedener Tiefe in die Schlitze *s* sich einschieben, je nachdem sie oben oder unten, oder nach den beiden Enden hin zu stehen kommen. Die Wirkung des Apparates ist die, daß in jeder Stellung der Trommel *A* die directe Communication zwischen *C* und *D*, sei es durch die Platten *p*, sei es durch die convexe Wand der Trommel *A* unterbrochen ist. Die Anzahl der Drehungen von *A* beträgt in der Minute 100 bis 120. Man hat in neuester Zeit auch Exhaustoren empfohlen, die in ihren wesentlichen Theilen nichts anderes als Ventilluftpumpen sind, so diejenigen von Anderson.

Der Aspirator von Pauwel's (»Glockenexhaustor«) ist eine hydraulische Luftpumpe, die auch in anderen Gewerben, z. B. bei Fabrikation endlosen Papiers, in der Essigsäurefabrikation zur Verdichtung der Dämpfe der Essigkammern u. s. w. dient. Hinsichtlich des Bewegungsmechanismus der Glocken sind verschiedene Constructionen im Gebrauch. Fig. 176, ein senkrechter Durchschnitt, wird die übrigens mannigfacher Modificationen fähige Einrichtung verständlich

machen. *C C' C''* sind drei eiserne Cylinder, oben mit Klappenventilen *S* versehen, unten offen und in Communication mit dem Rohre *T*, welches das Gas zuführt. Ueber diese drei feststehenden Cylinder sind drei bewegliche *D D' D''* gestülpt.

Fig. 176.



sie haben am oberen Ende ebenfalls Klappenventile *S' S' S'*, unten sind sie offen, sie gleiten anliegend an den unteren Cylindern auf und ab. Ihre Bewegung wird vermittelt durch die Stangen *m m m*, welche durch die Stopfbüchsen *o* hindurchgehen und unten im Bügel endigen, an welchem die Cylinder hängen; oben bilden sie mit dem unteren Ende der Kurbelstangen *b b b* Gelenke. Diese Stangen sind an der Wellenaxe *a a* befestigt, die an jeder Stelle, wo sie eine solche Stange aufnimmt, gekröpft ist und dadurch drei Krummzapfen darstellt. *e* ist ein Zahnrad, das die Bewegung von einer Dampfmaschine auf die Welle *a* überträgt. Die drei festen und drei beweglichen Cylinder sind umgeben von einem gußeisernen Kasten *R R*. Dieser ist bis nahe zur Höhe der Cylinder *C C' C''* mit Wasser gefüllt, dasselbe bildet den Verschluß zwischen den beiden Cylindern; es kann auch nicht unten in

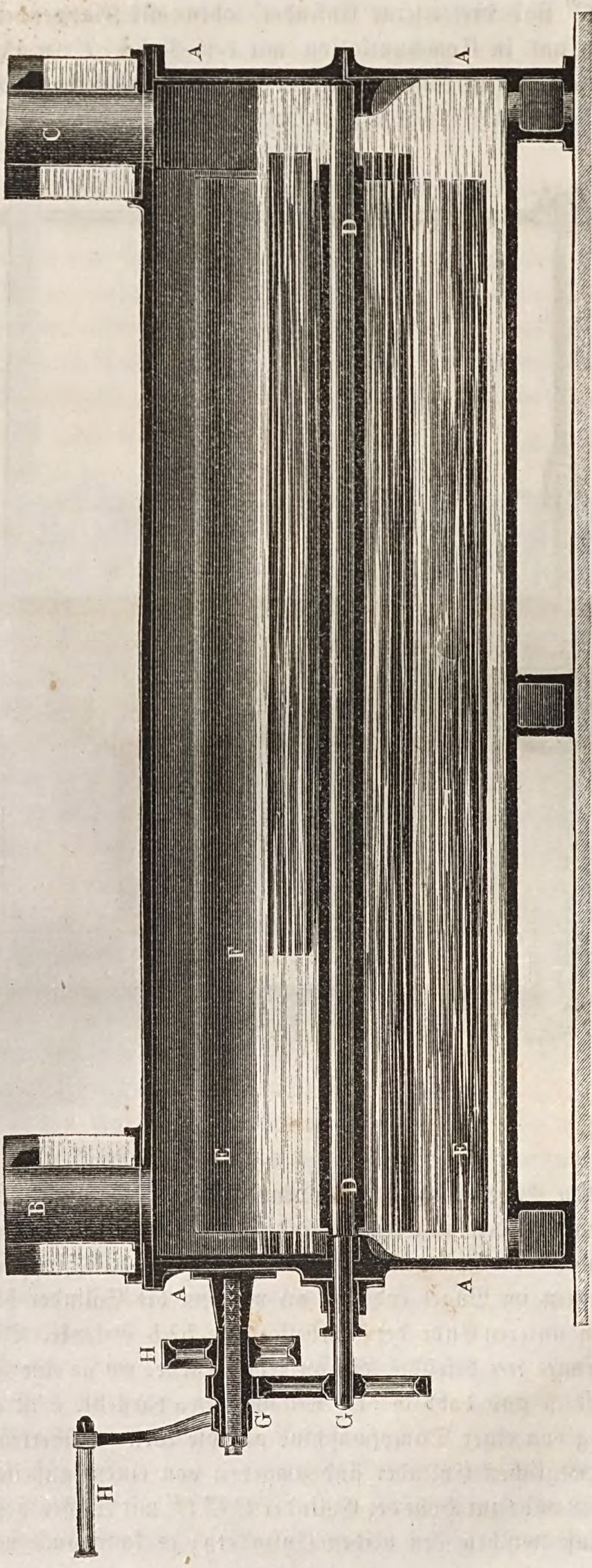
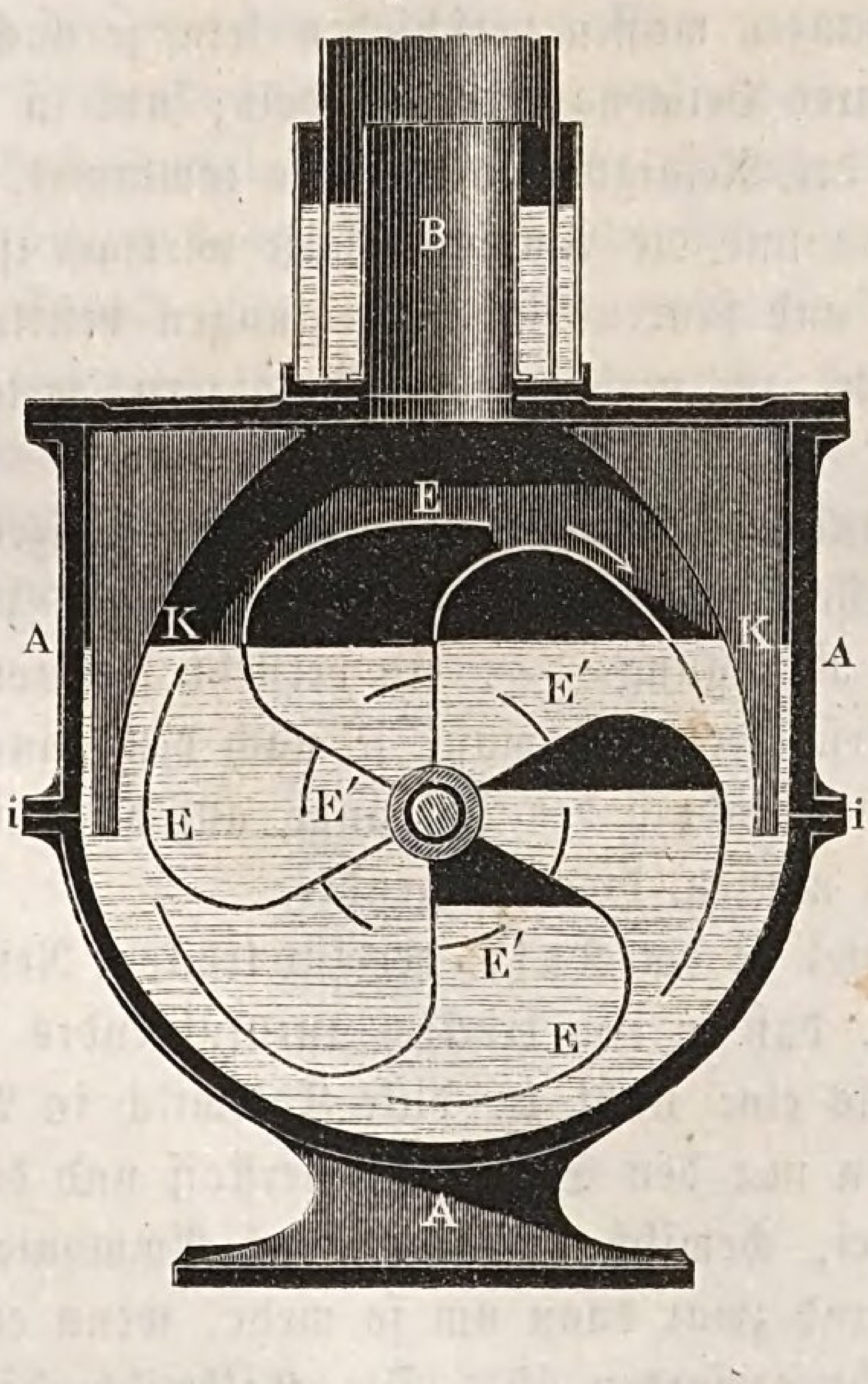


Fig. 177.

die Cylinder $CC'C''$ eintreten. Beim Aufgang eines der oberen Cylinder DD' entsteht ein luftverdünnter Raum, wodurch das Ventil S geöffnet, das Ventil S' aber geschlossen wird; beim Niedergang von D oder D' aber wird S geschlossen und S' geöffnet; das auf diese Weise in den oberen Theil des Kastens R geschöpfte Gas strömt durch T' fort. Die Kröpfungen der Welle a sind so gerichtet, daß einer der Cylinder D sich aufwärts bewegt, während der andere niedergeht und der dritte eben in Umkehr, oben oder unten, begriffen ist. Durch diese Anordnung wird die möglichste Gleichmäßigkeit der Wirkungen hervorgebracht. Die Leistungen des Apparates von Pauwel's sollen ganz befriedigend sein, derselbe möchte aber etwas höher zu stehen kommen, als die vorher betrachteten.

Der Exhaustor, Fig. 177 im Längen-, Fig. 178 im Querdurchschnitt gezeichnet, ist als eine der oben genannten Einrichtungen anzusehen, welche nicht nur das Auspumpen, sondern theilweise auch das Waschen des durch sie strömenden Gases bewirken. AA ist das gußeiserne Gehäuse, ein wasserdichter Kasten, aus einem unteren liegenden, halbcylindrischen und einem oberen, die Stelle eines Deckels versehenden Theile bestehend, welche bei i durch Schrauben und zwischengelegte Dichtungsmittel auf einander befestigt sind. B ist ein weites die Zuleitung, C ein ähnliches die Ausleitung des Gases vermittelndes Rohr, beide einen breiten blechernen Ring tragend, der einen Zwischenraum mit dem Rohre läßt und mit Wasser gefüllt eine Absperrungsschicht bildet. D ist eine durch die ganze Länge des Apparates hindurchgelegte Axe; EE sind sechs Schaufeln, an der Axe sitzend, aus Blech gemacht. Der Schaufelapparat ist gegen die Seite B hin geschlossen, d. h. auf der Axe sitzt eine mit ihr sich drehende Scheibe, den Rand der Schaufeln bedeckend, auf der Seite der Ausleitung des Gases sind die Schaufeln offen. $E'E'$ sind schmalere Schaufeln, auf den Schaufeln E befestigt. Diese gehen nicht der ganzen Länge der Axe nach, sondern nur bis etwa gegen F. Nahe bei der Ausmündung des Gases bei C befindet sich eine verticale Blechwand, die aber nur bis zur Axe D herabreicht und an welcher die Schaufeln E möglichst nahe streichen. Die Axe D und der Schaufelapparat werden, wenn der Apparat in Function treten soll, in drehende Bewegung gesetzt; diese erfolgt in der Richtung des Pfeiles und geht entweder von einer Kur-

Fig. 178.



bei *H* oder von einer Riemenscheibe, die mit einer durch Elementarkraft gedrehten anderen Axe in Verbindung steht, aus, und ist vermittelt durch die zwei Zahnräder *G* und *G'*. Das bei *B* in den oberen Raum des Behälters eintretende Gas wird von den Schaufeln *E* bei ihrer Drehung gefaßt und unter die Wasserfläche *KK* gedrückt. Es kann nicht einen anderen Ausweg finden, als längs der Axe gegen das offene Schaufelende hin bei *C*. Auf diesem Wege ist es, wie in Fig. 178 angedeutet, zwischen dem Wasser gehalten und hat Gelegenheit, condensirbare Substanzen an dasselbe abzugeben. Man sieht, dieser Apparat hat einige Aehnlichkeit mit der Gasuhr, seine Wirkungsweise aber ist gleichsam die umgekehrte; während die Schaufeln der Gasuhr von dem einströmenden Gase aus dem Wasser gehoben werden, das Gas also das Bewegende ist, wird hier das Gas durch die Schaufeln abwärts unter die Wasserfläche gedrückt. Wegen seiner doppelten Wirkungen ist dieser Exhaustor ganz werthvoll; hat man aber nur die Function als Gaspumpe im Auge, so leisten die vorher erwähnten Constructionen mehr und fordern weniger Kraftaufwand zur Bewegung.

142 **Die Reiniger** (épurateurs, purifiers). Der Proceß der Reinigung des Leuchtgases bezweckt die Entfernung von theils sauren Gasen, wie Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, theils von Ammoniak und dessen salzartigen Verbindungen, namentlich Schwefelammonium, Cyanammonium und kohlensaurem Ammoniumoxyd. Durch die Verdichtungsapparate und Wascher wird schon, wie oben bemerkt worden, ein Theil dieser der Leuchtkraft und der Annehmlichkeit der Gasbeleuchtung Eintrag thuenden Substanzen entfernt. In den Reinigern werden Mittel zu Hülfe gerufen, um chemische Verbindungen von beständigerer Aggregatform mit den genannten schädlichen Beimengungen hervorzubringen.

Diese chemisch wirkenden Substanzen müssen verschieden sein, je nachdem es sich um Entfernung basischer oder saurer Beimengungen handelt; nur in einigen wenigen Methoden ist die Mischung des Reinigungsmittels so combinirt, daß es gegen diese beiderlei Verunreinigungen und die Ammoniaksalze wirksam ist; häufiger findet man, wenn die basischen und sauren Verunreinigungen beseitigt werden sollen, zweierlei Reinigungsmittel in verschiedenen Reinigern, welche das Leuchtgas nach einander durchströmt.

Die zum Zurückhalten der Verunreinigungen bestimmten Substanzen befinden sich entweder in Lösung — »nasse Reinigung« — oder im festen Zustande, aber feiner Vertheilung — »trockene Reinigung« —. Es versteht sich von selbst, daß die Construction der Reiniger verschieden sein muß, je nach dem einen oder anderen System. Zum vorläufigen Verständniß der Vorgänge, auf die wir unten beim Betrieb nochmals zurückkommen müssen, diene folgendes:

Das verbreitetste Reinigungsmittel ist der Kalk, der für trockene Reinigung nur mit so viel Wasser gelöscht wird, daß er ein trocken anzufühlendes Pulver darstellt, für nasse Reinigung aber als eine nicht zu dicke Kalkmilch in Anwendung kommt. Der trockene Kalk kann nur den Schwefelwasserstoff und die Kohlensäure, seien diese gebunden oder frei, chemisch anziehen; das Ammoniak kann er höchstens mechanisch zurückhalten, und zwar dann um so mehr, wenn er durch Hindurchströmen feuchten Gases feucht geworden ist. Die Kalkmilch hält das Ammoniak ebenfalls nicht vollständig, doch etwas besser zurück, als der trockene Kalk.

Die Unvollkommenheit der Reinigung mit trockenem Kalk, die von den Dirigenten der Gaswerke meist vorgezogen wird, besteht wesentlich darin, daß das Ammoniak, falls es nicht dem Gase entzogen wurde, ehe es in den Kalkreiniger tritt, äußerst lästig wird, so oft die Entleerung des Gaskalks und das Einfüllen von frischem vorgenommen werden muß. Man hat daher in England, wenigstens in den meisten Gasanstalten, entweder für die vorgängige Entfernung des Ammoniaks besondere Einrichtungen getroffen, oder die nasse Reinigung eingeführt. Die trockene Reinigung mit Kalk erfordert mehr Material als die nasse, und da das Gas bei einer solchen Einrichtung, wie wir bald sehen werden, durch das fein vertheilte Kalkhydratpulver hindurchstreichen muß, dieses aber, namentlich wenn es feucht und klumpig geworden, leicht die Durchgänge verstopft, so liegt es nahe, daß ohne große Vorsicht die Reinigung unvollständig ausfallen kann.

Die nasse Reinigung bietet aber zwei sehr große Uebelstände. Wo nicht besondere mechanische Vorrichtungen vorhanden sind, muß das Gas die Flüssigkeiten durchbrechen, also in den Retorten und allen vor den Reinigern liegenden Apparaten eine starke Spannung ausüben, die zur Zersetzung desselben in den Retorten und zu Verlusten Anlaß giebt. Die Gasanstalten kommen überdies, wenn ihre Lage nicht besonders günstig ist, sehr leicht in den Fall, daß ihnen das Wegschaffen der Kalkmilch erschwert wird, da sie wegen des Geruchs und schädlicher Wirkungen auf Pflanzen und Thiere nicht in offene Canäle, Bäche oder kleinere Flüsse kann abgelassen werden. Der feste Gaskalk dient gewöhnlich, wie er ist oder nachdem er etwas geröstet worden, um den Theer zu zerstören und das Schwefelcalcium in Gyps zu verwandeln, als Düngemittel; in größeren Massen aufgehäuft, kann er zu höchst widrigen und schädlichen Effluvien Anlaß geben. Er enthält neben Kalkerde, die von den durchströmenden sauren Gasen unberührt geblieben ist, verschiedene Verbindungen derselben, und zwar in möglichst frischem Zustande Schwefelwasserstoffschwefelcalcium in solcher Menge, daß er als Enthaarungsmittel in der Gerberei dienen kann. Auch die zum Reinigen gebrauchte Kalkmilch enthält diesen Körper. Sobald aber zu dem trockenen Gaskalk etwas Luft hinzutreten kann, oxydirt sich das Schwefelcalcium zu unterschweflig-schweflig- und schwefelsaurer Kalkerde. Graham fand einen trockenen Gaskalk (die Ammoniakverbindungen waren durch andere Reinigungsmittel, ehe das Gas in den Kalkreiniger strömte, hinweggenommen worden) zusammengesetzt aus:

Unterschwefligsaurer Kalkerde . . .	12,30
Schwefligsaurer Kalkerde	14,57
Schwefelsaurer Kalkerde	2,80
Kohlensaurer Kalkerde	14,48
Kalkerde	17,72
Schwefel	5,14
Sand	0,71
Wasser	32,28
	100,00.

Es verdient ein Vorschlag hier angeführt zu werden: dem Aetzkalk bei trockener Reinigung etwas schwefelsaures Natron in Pulverform beizumengen, wo-

durch Gyps gebildet wird, während das Natron den Schwefel aufnimmt, Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium bildend, welches leicht aus dem Gemenge ausgelaugt werden kann. Die Lauge läßt sich durch Eindampfen und Rösten wieder in schwefelsaures Natron verwandeln, das also von Neuem gebraucht werden kann.

Um das Ammoniak und seine Verbindungen zu entfernen, dienen entweder Säuren, und zwar verdünnte Schwefelsäure, oder gewisse Salze, die durch Ammoniak, Schwefelammonium und kohlensaures Ammoniak zerlegt werden. D'Arcet schon schlug 1816 verdünnte Schwefelsäure vor, diese ist nun von Croll in England an vielen Gasbereitungsanstalten eingeführt. Die Flüssigkeit wird nicht stärker als in einer Verdünnung von 3 bis 5 Thln. englischer Schwefelsäure auf 1000 Thle. Wasser angewandt, weil concentrirtere Säure der Leuchtkraft des Gases schaden könnte. In dem Maße, als die Neutralisation der Säure vorschreitet, wird concentrirte Säure allmälig nachfließen gelassen, bis die Flüssigkeit ein specif. Gewicht von 1,170 erreicht hat und mit Salzen beinahe gesättigt ist. Croll's Apparat, der mit den gewöhnlichen Reinigern ziemlich übereinstimmt, wird unten beschrieben werden.

Man macht von der Eigenschaft gewisser Metallsalze, sowohl das Ammoniak als das Schwefelammonium, das Cyanammonium und das kohlensaure Ammoniumoxyd zu binden, in verschiedenen Modificationen der Ausführung Gebrauch zum Gasreinigen. Es sind dazu vorgeschlagen worden Chlormangan, ein bis in jüngster Zeit nicht gut verwerthbarer Abfall der Chlorbereitung, der sich aus Chlorkalkfabriken wohlfeil beziehen ließ, und Eisensalze, Eisenvitriol und Eisenchlorür. Bei Anwendung der genannten Chlorverbindungen wird einerseits Schwefelmangan oder Schwefeleisen und Chlorammonium, andererseits kohlensaures Eisenoxydul und Manganoxydul und Chlorammonium gebildet, die eben erzeugten kohlensauren Salze in feiner Vertheilung können aber auf Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium sowie auf Cyanammonium wiederum zerlegend und bindend einwirken, wie die Chlorüre. Nach einem Patent von Laming soll Eisenchlorür gemengt mit gebranntem Kalk, angewandt werden; es bildet sich Chlorcalcium und Eisenoxydulhydrat, dies wird durch den freien und den an Ammonium gebundenen Schwefelwasserstoff in Schwefeleisen verwandelt, während das kohlensaure Ammoniumoxyd und das Ammoniak, sei es auf noch unzerlegtes Eisenchlorür, sei es auf das Chlorcalcium, einwirken und kohlensaures Eisenoxydul oder Kalkerde und Chlorammonium erzeugen. Der Salmiak läßt sich auswaschen. Der Rückstand besteht aus kohlensaurem Kalk, Aetzkalk, Eisenoxydulhydrat und Eisenoxydhydrat und endlich aus Schwefeleisen, das in Berührung mit Luft zu schwefelsaurem Eisenoxydul wird, das aufs Neue auf den Kalk wirkt, Gyps und Eisenoxydulhydrat bildend. Letzteres soll wieder durch Luftberührung oxydirt und auf diese Weise viele Male brauchbar werden. Man sieht, daß bei diesem Vorgang im Anfang Chlorüre und später schwefelsaure Salze zerlegt werden, daß also im Anfang Chlorammonium, am Ende aber schwefelsaures Ammoniumoxyd gebildet wird. Die mehrmalige Benutzung des Eisensalzes läßt sich nur durch Sulfuretbildung, abwechselnd mit dessen Oxydation, also Bildung schwefelsauren Eisenoxyduls erreichen. Deshalb gehen andere patentirte Vorschläge dahin, von vornherein Eisenvitriol zu nehmen. Es dienen dazu geröstete Pyrite oder Eisenvitriol, gemengt mit Kreidepulver zu besserer Vertheilung, wenn es sich um trockene Reini-

gung handelt, oder Eisenvitriollösung bei nasser Reinigung. Die Wirkungen dieses Salzes sind mit dem Obigen hinlänglich erläutert. Wenn beim Auslaugen der Masse etwas unzersetzter Eisenvitriol mit in die Lösung geht, so läßt sich dieser niederschlagen durch Zusatz von Condensationswasser aus den Waschern, welches ebenfalls kohlensaures Ammoniumoxyd und Schwefelammonium enthält. Näheres über diese Verhältnisse unten bei der Beleuchtung des Betriebes.

Die trockenen Reiniger bestehen fast ausnahmslos aus cylindrischen 143
oder länglich viereckigen geräumigen Gefäßen, in welchen mehrere Hürden aus Holz oder Eisen, in Zwischenräumen von etwa 1 Fuß, übereinander eingesetzt sind, auf welchen die grobkörnige oder pulverige, zum Reinigen dienende Substanz in Schichten von einigen Zollen ausgebreitet ist. In Frankreich trifft man häufiger cylindrische kleinere Reiniger, in England und Deutschland mehr die viereckigen und von etwas größerem horizontalen Flächeninhalt. Das Material, woraus diese trockenen Reiniger gemacht sind, ist für den Deckel genietetes Eisenblech, Kesselblech, mit gutem Theeranstrich versehen, für den Kasten in der Regel gußeiserne Platten. Das Gas strömt durch die Hürden und das Reinigungsmittel in der Richtung von unten nach oben oder seltener umgekehrt. Um größere Vertheilung zu erzielen, ist es namentlich in französischen Gasbereitungsanstalten üblich, dem Kalk geschnittenes Moos beizumengen. Anderwärts hält man dieses Hülfsmittel nicht für nothwendig. Die Röhre für Zuleitung des Gases mündet gewöhnlich nahe dem Boden des Reinigers unter der untersten Hürde, das Abzugsrohr oben nahe dem Deckel, und zwar geht es durch den Deckel hindurch oder steht innen zwischen den Hürden aufrecht, so daß das gereinigte Gas über der obersten Hürde eintritt und zunächst abwärts fortgeleitet wird. Häufiger ist der Weg für den Wiederaustritt des Gases bei viereckigen Reinigern nicht ein Rohr, sondern ein senkrechter schmaler Canal, der in seiner Breite und Tiefe einer der vier Wände des Reinigers entspricht und von dem Deckel überspannt wird. Der letztere ist durch hydraulischen Verschluß gedichtet, d. h. es befindet sich rings um die Wände des Reinigers an dessen oberem Rande eine Rinne, die mit Wasser gefüllt ist, in welches der Rand des Deckels eingestülpt ist.

Fig. 179.

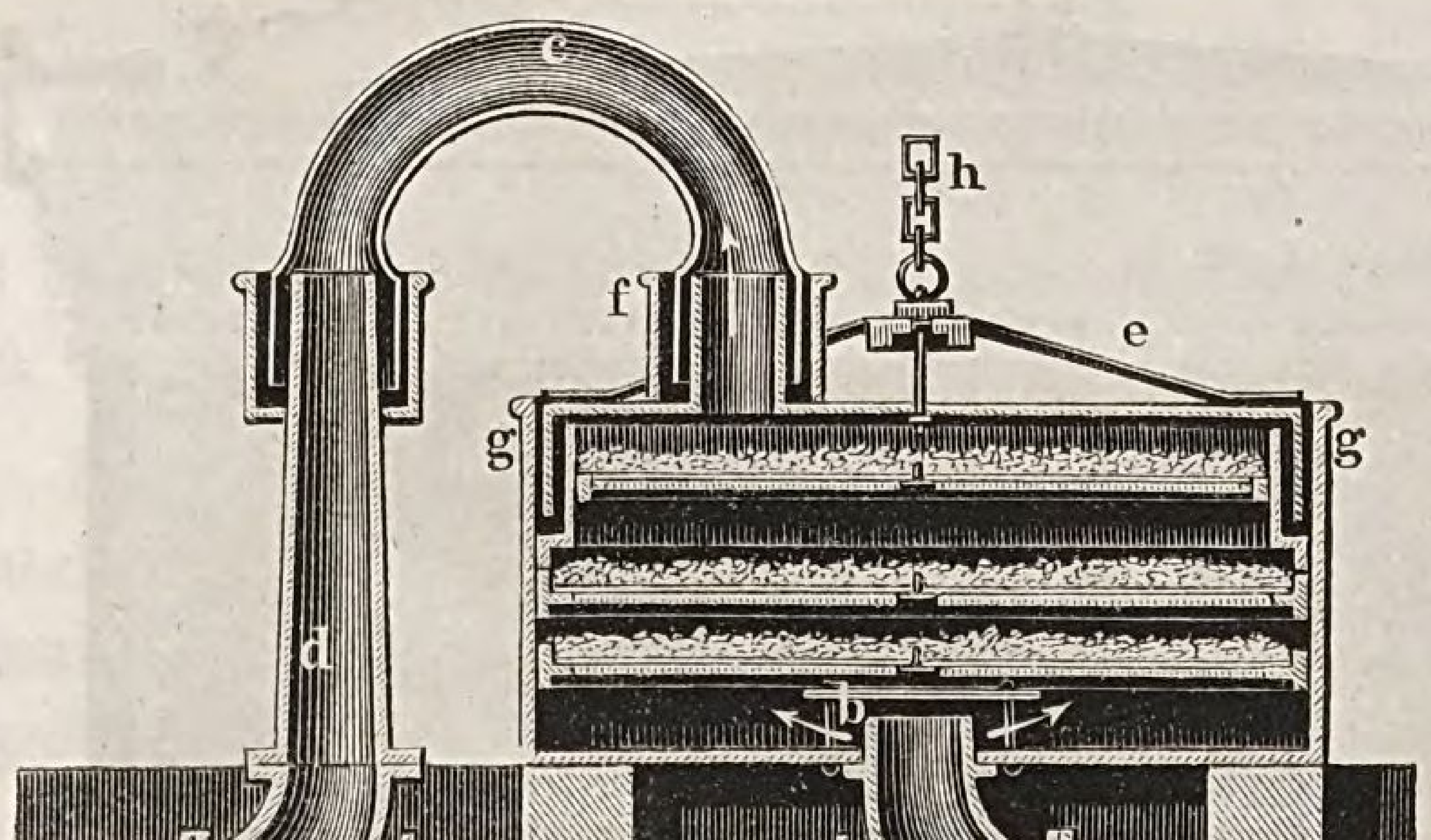


Fig. 179 stellt den senkrechten Durchschnitt eines viereckigen trockenen Reinigers vor; *a* ist das Zuleitungsrohr, *b* eine eiserne Platte über demselben zum Schutze gegen hineinfallenden Kalk u. s. w.; *c* das Gasabzugsrohr, es steht einerseits auf dem Deckel *e*, andererseits auf einem senkrecht stehenden festen Rohr *d*, das zu den Gasbehältern führt; *c* ist

Fig. 180.

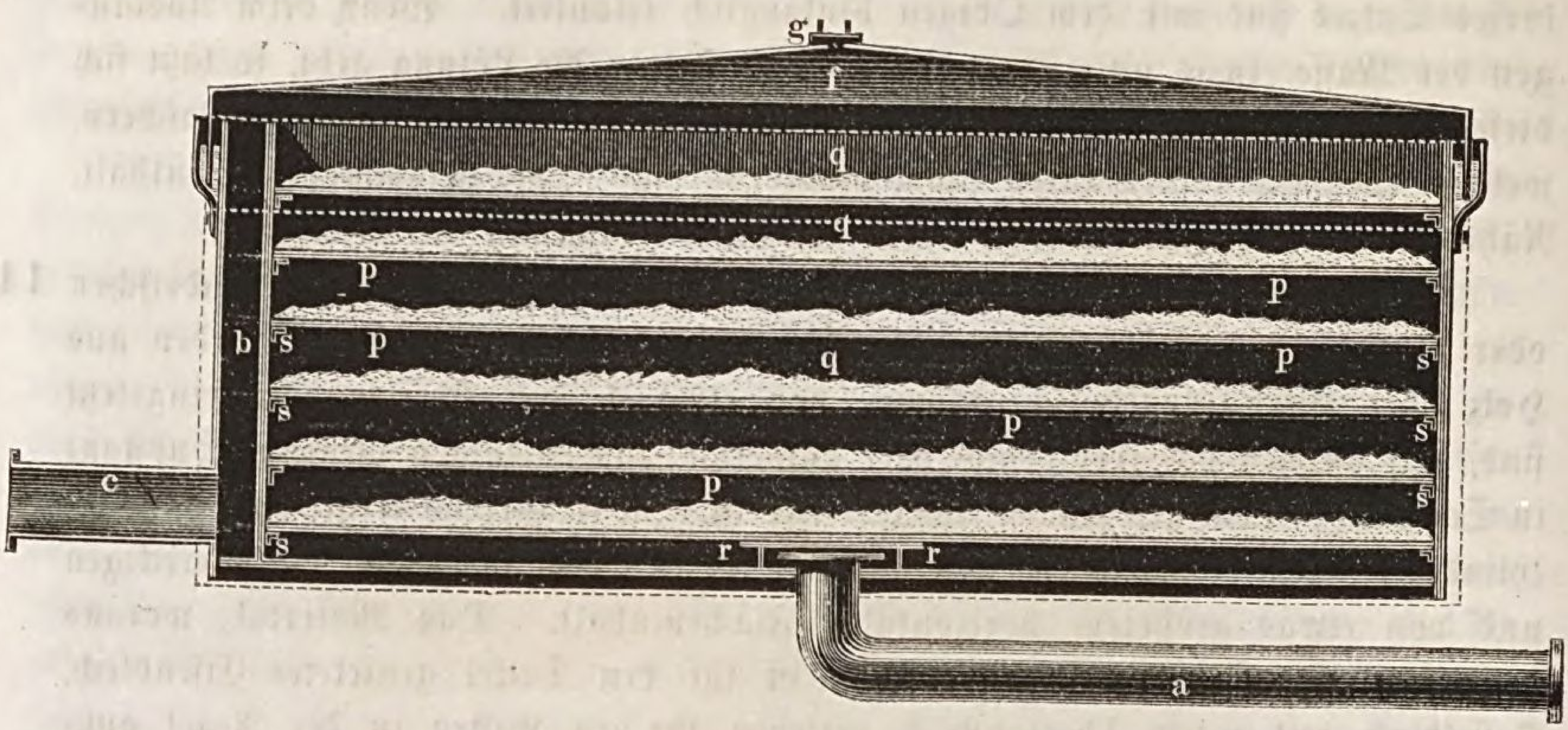
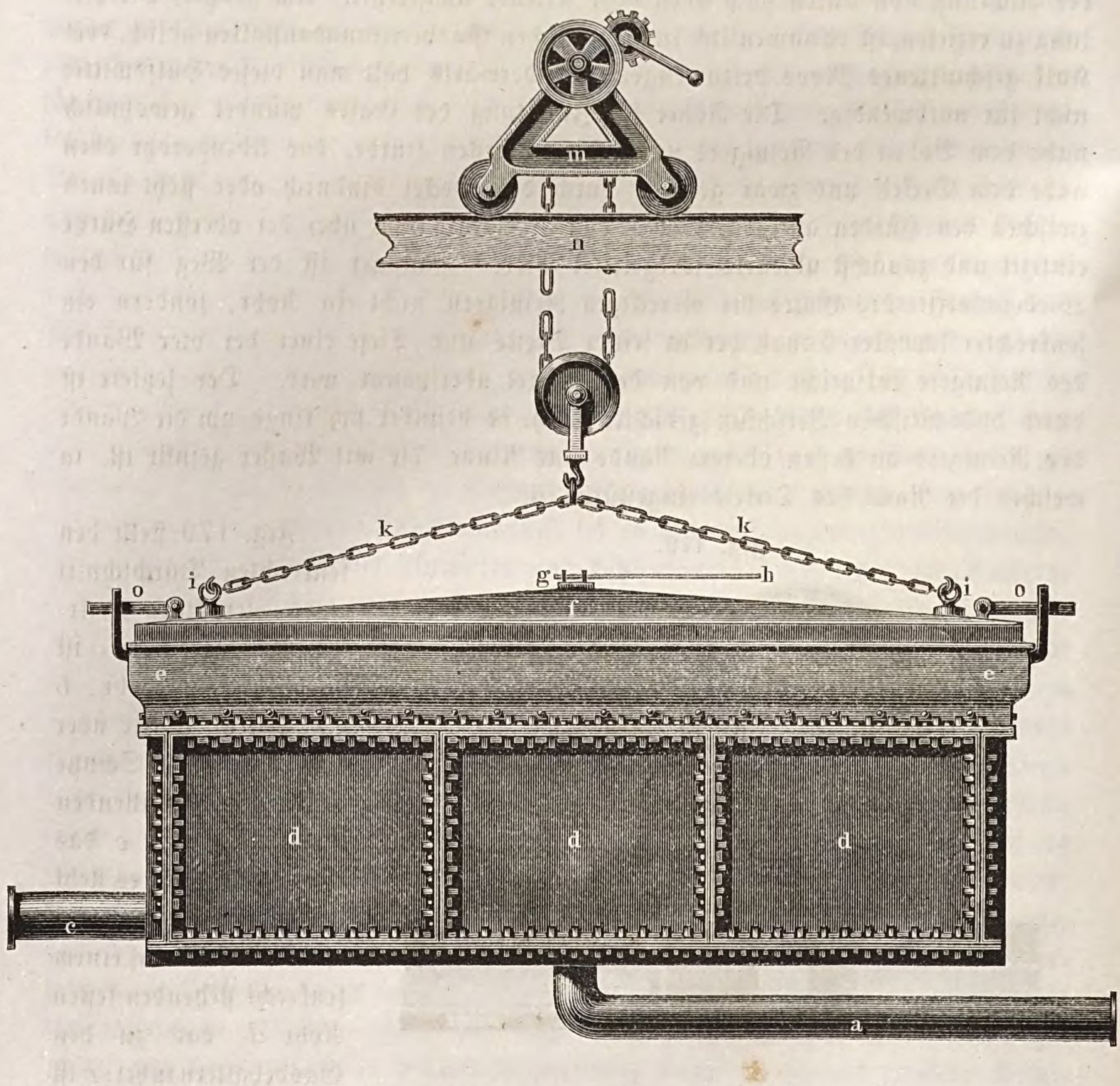


Fig. 181.



knieförmig und die beiden Enden ruhen in den mit Wasser gefüllten Rinnen *f*, die einen ähnlichen Verschluß bilden, wie die um den ganzen Reiniger herumgehende Rinne *gg*. Der Deckel *e* kann durch eine Kette und eine Hebevorrichtung von dem Reiniger weggenommen werden, nachdem das Knierohr *c* ausgehoben ist.

Fig. 180 ist ein senkrechter Durchschnitt, Fig. 181 die Seitenansicht eines trockenen Reinigers, in welchem der Abzug des Gases nicht durch ein in den Deckel eingesetztes Rohr, sondern durch einen längs der Schmalseite des rectangulären Kastens angebrachten Canal abwärts geführt wird. *a* ist das Zuleitungsrohr, *b* der Canal, *c* das Abzugsrohr für das durch die drei Schichten des Reinigungsmaterials aufgestiegene Gas. *ddd* sind die gußeisernen, durch Schrauben an ihren aufgebogenen Rändern mit einander verbundenen Platten, aus welchen die Wände zusammengesetzt sind; *e* ist die aus Kesselblech gemachte aufgeschraubte Wand der Rinne; *f* der aus Blech durch Nietung zusammengefügte Deckel, der bei *g* einen Hahn hat, welcher vor dem Heben mittelst des Hebels *h* geöffnet wird, um Luft einzulassen. *ii* sind Ringe, an den vier Ecken des Kessels festsitzend, in welche die Haken der vier Ketten *k* eingehängt werden, wenn man den Deckel heben will. Das Heben geschieht durch mannigfach modificirte Mechanismen; hier z. B. mittelst einer Winde *m*, wie sie beim Errichten von Bauten zum Aufziehen von Steinen dient, welche auf einer Bahn *n* auf dem Gebälke beweglich ist, so daß der an ihr hängende Deckel auf die Seite geschoben und an einer gelegenen Stelle abgelegt werden kann. *oo* sind Hebel, deren vier am Deckel angebracht sind, die umgeschlagen werden und an welchen sich ein Riegel befindet, der mit seinem Bart unter den Rand der Rinnenwand greift, um so den Deckel festzuhalten. *pp* sind sechs Hürden, auf welchen *qq* das Kalkpulver ausgebreitet ist, sie liegen auf den Leisten *s*. *rr* ist eine Eisenplatte, einen Zoll über der Mündung des Rohres *a* angebracht, damit nicht Kalk in letzteres fallen und es verstopfen könne. Die Größe und Dimensionen dieses Reinigers gehen aus dem beigegebenen Maßstab hervor, sie wechseln übrigens sehr. Die Kalkschichten werden etwas niedriger genommen, wenn die Anzahl der Roste größer. Die Trockenreiniger haben drei bis sechs Roste. Bei sechs Rosten macht man die Schichten nicht ganz 2 Zoll hoch, bei drei oder vier Rosten darf man sie bis 3 Zoll hoch legen. Ueber das Verhältniß der Oberfläche des Reinigers zur Menge des in einem Tage hindurchströmenden Gases sind feste Regeln nicht leicht anzugeben. Zunächst hängt dies von der Anzahl der Roste ab, die in dem Apparate über einander angebracht sind, dann aber namentlich von der Beschaffenheit der Kohle.

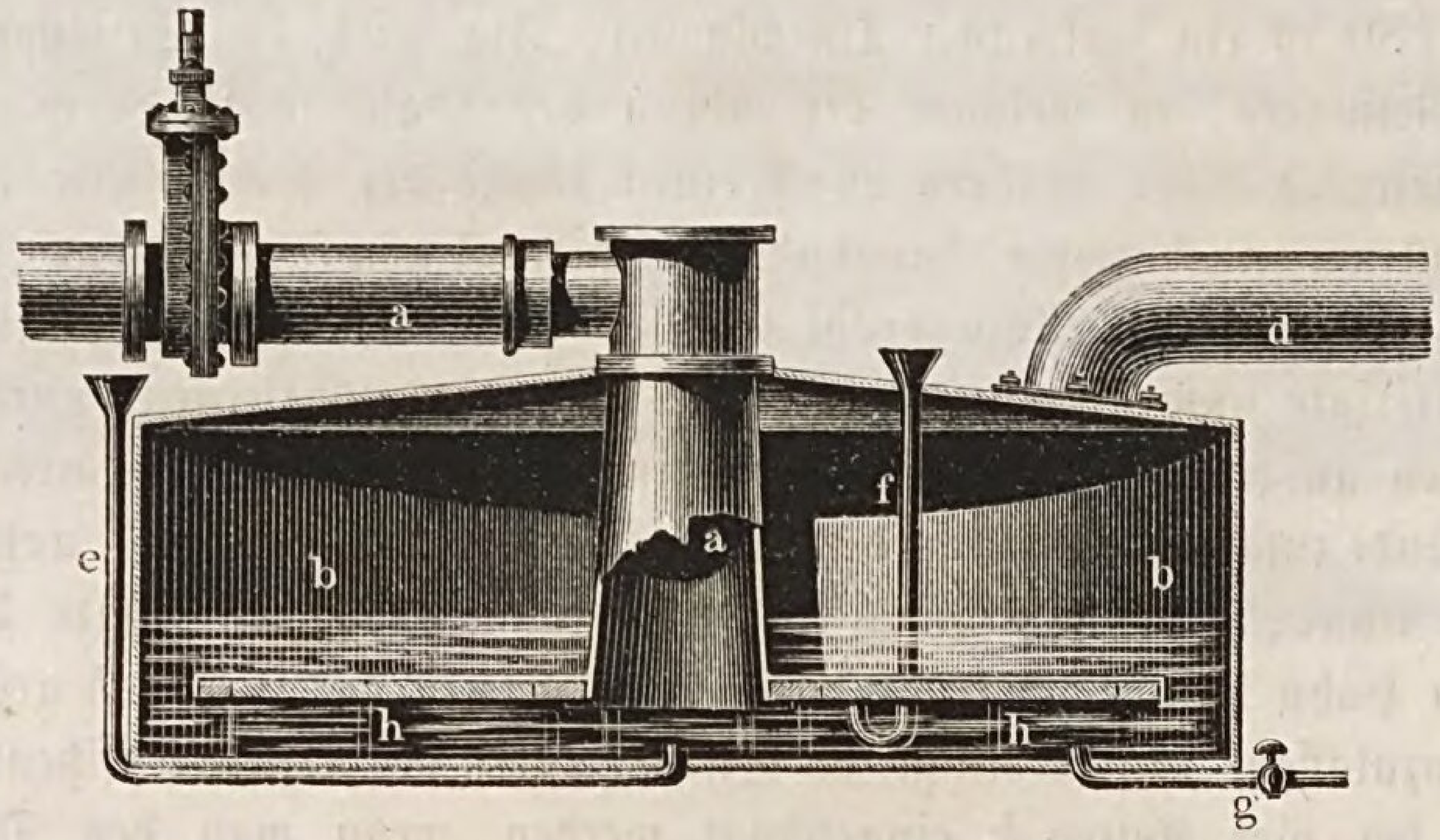
Nach Clegg's Vorschriften wird für je 3600 Kubikfuß täglich durchströmenden Gases 1 Quadratfuß Oberfläche eines Reinigers mit vier Rosten angenommen. Bei gewissen Kohlen muß indessen diese Fläche um $^3/_2$ bis 2 Mal vergrößert werden.

Die nassen Reiniger sind entweder so eingerichtet, daß das Gas die Flüssigkeit durchbrechen muß oder daß es nur über diese hinweg und an bewegten stets naß erhaltenen festen Theilen vorbeizustreichen hat. Bei den Reinigern 144

der ersten Art ist eine Rührvorrichtung nöthig, wenn das Reinigungsmittel in Form einer Emulsion angewendet wird.

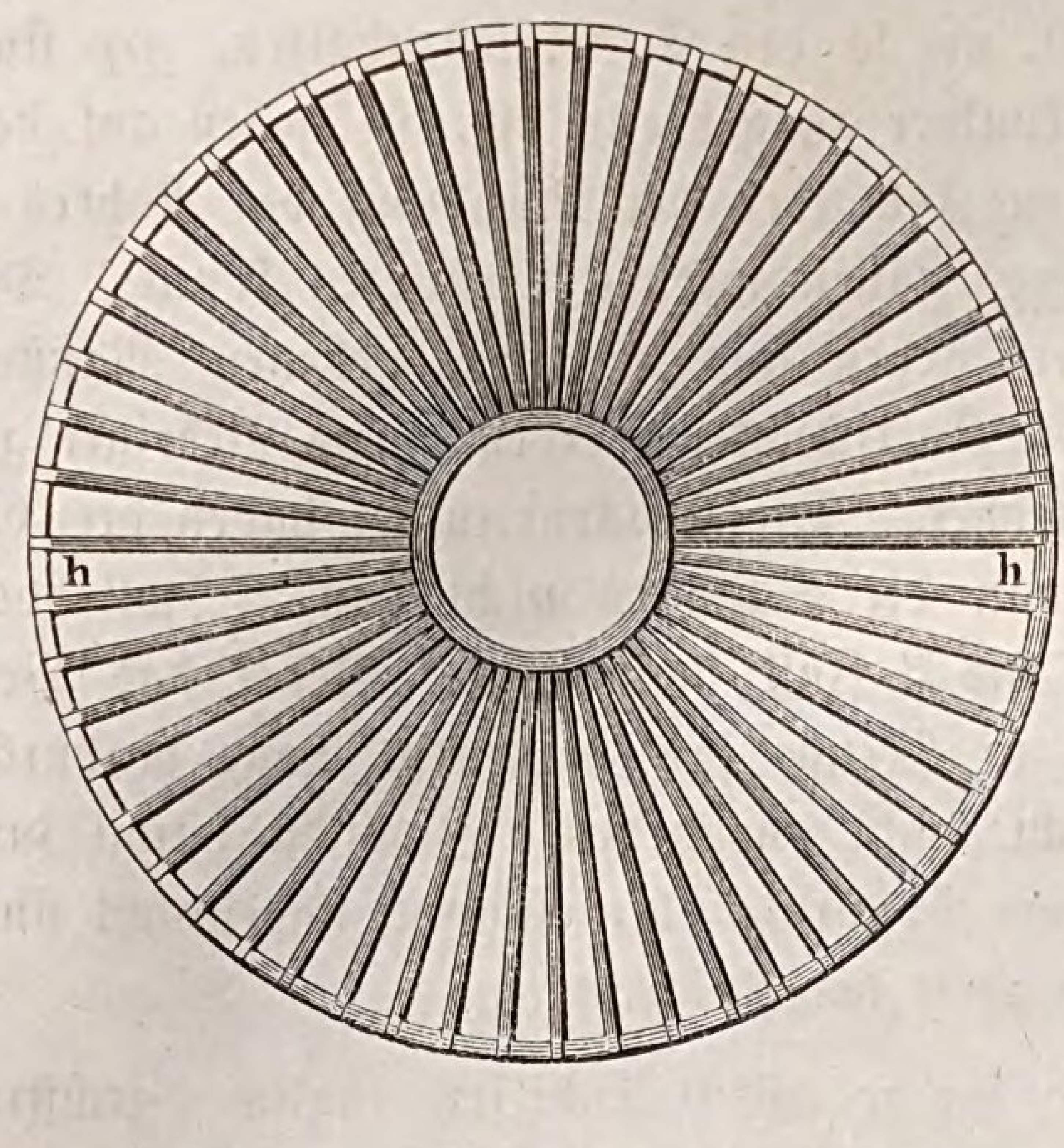
Croll's Reiniger zur Entfernung des Ammoniaks mittelst verdünnter Schwefelsäure hat die in Fig. 182 angegebene Einrichtung. Das Gefäß ist eine hölzerne,

Fig. 182.



mit Bleitafeln ausgelegte Tonne von etwa 10 Fuß Durchmesser und 3 Fuß Höhe. Auf ihrem Boden liegt ein aus strahlenförmig zusammengefügten hölzernen Rippen bestehender Kranz *h*. Die Schienen, woraus derselbe, Fig. 183, besteht, sind etwa 8 Linien hoch und sein Durchmesser ist etwa 1 Fuß kleiner, als der des Waschgefäßes.

Fig. 183.

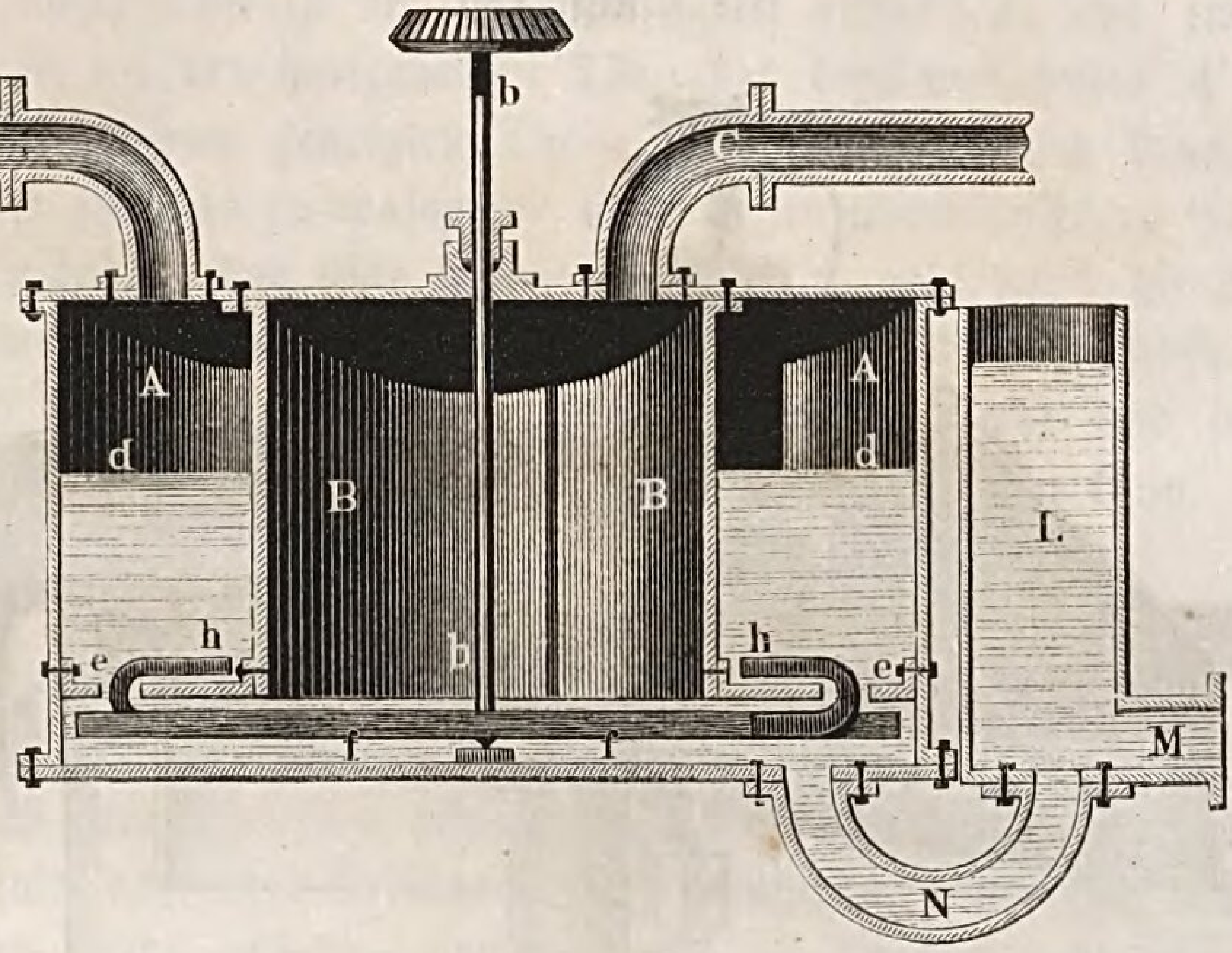


Auf diesem Holzkranze liegt ein Bleideckel von der gleichen Größe. Der Strahlenkranz und der Deckel sind in der Mitte offen und die Oeffnung nimmt das Gasleitungsrohr auf; die untere Mündung dieses letzteren, sowie der Bleideckel, tauchen unter der verdünnten Säure ein. *aa* ist das Zuleitungsrohr; *bb* die Tonne; *e* und *f* sind heberförmige Bleirohre, das eine um Wasser, das andere um verdünnte Schwefelsäure in den Waschapparat einzuführen; *g* ist ebenfalls ein Bleirohr, durch welches die Salzlösung abläuft, wenn sie die oben angegebene Concentration angenommen hat. Das Gas tritt aus *a* zwischen den Hohlräumen, die von dem Holzkranze *h* gelassen sind, radial unter dem Bleideckel gegen die Peripherie der Tonne und steigt dort durch die Flüssigkeit auf in den oberen Raum derselben und entweicht durch *d*.

Der gewöhnliche nasse Reiniger für Kalkmilch hat die folgende Construction. Fig. 184 ist ein senkrechter Durchschnitt desselben.

AA ist ein gußeiserner Cylinder, am Boden und Deckel ganz geschlossen, jedoch an beiden mit einmündenden Röhren versehen. Am Deckel desselben ist ein engerer, gewöhnlich blecherner Cylinder *BB* durch Schrauben befestigt; dieser ist unten offen, etwa 6 Zoll kürzer als der äußere Cylinder, und hat an seinem unteren Rande

Fig. 184.



einen nach außen gekehrten, ringförmigen Ansatz, dessen Weite nicht viel geringer ist, als die des äußeren Cylinders *A*. *bb* ist eine eiserne Axe, in der Mitte des Cylinders *AA* mittelst einer Stopfbüchse festgehalten und oben ein konisches Zahnrad tragend, von dem aus die Drehung derselben um sich selbst bewirkt wird. *ff* ist ein fast am Boden von *A* auf der Axe *b* festgehaltenes Scheit, das mit *bb* sich dreht und an seinen Enden zwei gebogene Schienen *h* trägt. Die Kalkmilch in *A* steht bis an die Linie *dd*. *C* ist das Gaszuleitungsrohr, unter dem Cylinder *B* tritt das Gas durch den ringförmigen Spalt, der zwischen dem an *B* angesetzten Kranz und den äußeren Gefäßwänden bleibt, aus. Die Schiene *h* dient, um diesen Spalt offen zu halten. *ff* ist zum Umrühren der Kalkmilch bestimmt. Das gereinigte Gas tritt bei *K* aus. *N* ist ein Ablaßrohr für die gesättigte Kalkmilch, die durch einen bei *M* angebrachten Hahn abgelassen werden kann. *L* ist ein Trichter, durch welchen frische Kalkmilch in den Apparat eingeführt wird. Die Dimensionen der nassen Reiniger lassen sich freilich sehr verändern, am häufigsten sind sie aber ziemlich groß, haben z. B. einen Durchmesser von 15 Fuß auf 3 Fuß Höhe.

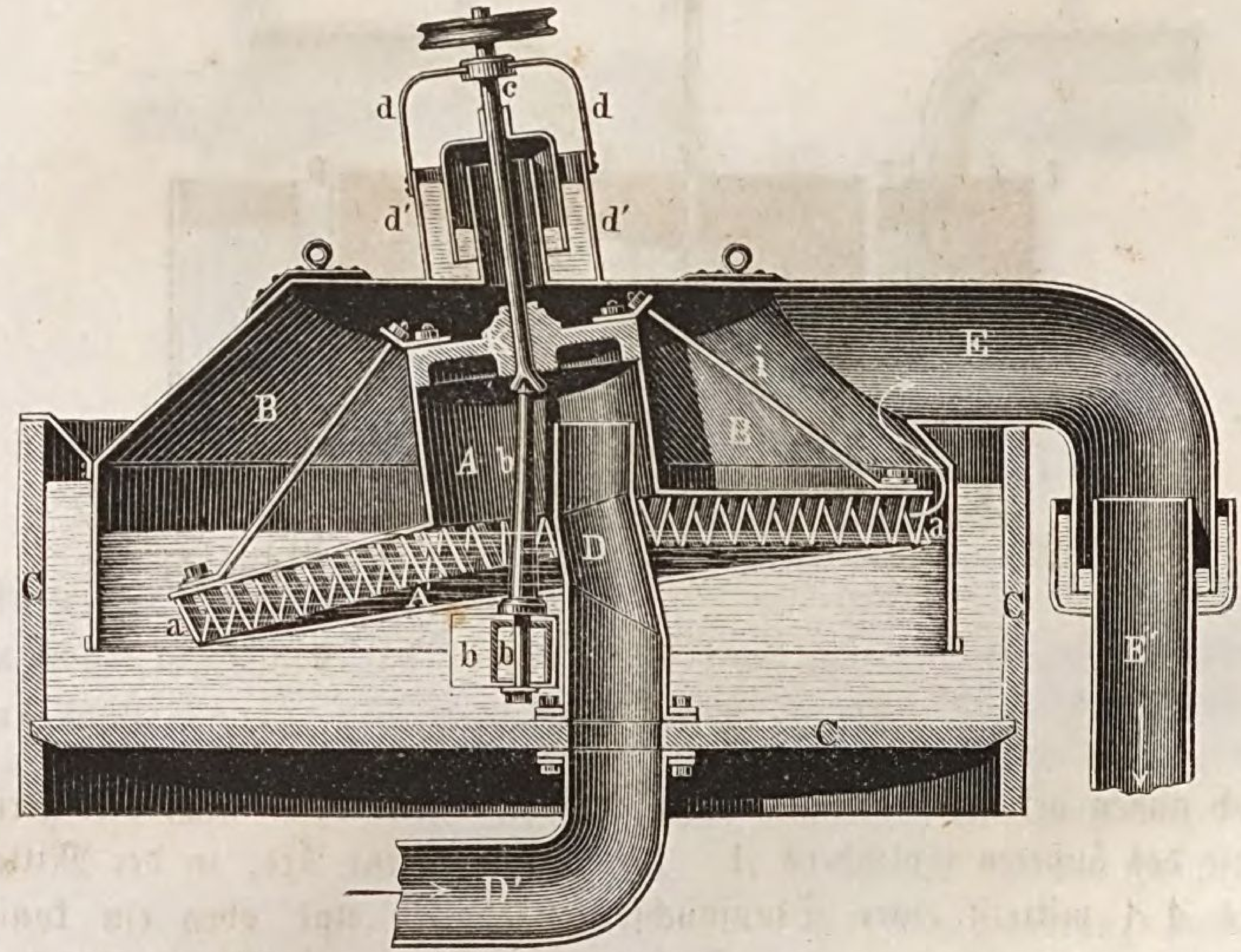
Zuweilen läßt man das Gas durch mehrere, wenigstens zwei, nasse Reiniger hindurchgehen, in welchem Falle die Dimensionen des einzelnen etwas geringer genommen werden.

Als ein Beispiel eines auf nassem Wege wirkenden, zugleich als Wascher (d. h. nur mit Wasser gefüllten) brauchbaren Reinigers ist derjenige von Colladon anzusehen. Er zeichnet sich dadurch namentlich vor ähnlichen Constructionen 145

aus, daß die zu seiner Bewegung nöthige Kraft kaum größer ist, als die zum Drehen der Rührscheitaxe bei gewöhnlichen Reinigern erforderte Kraft, während das Gas nicht durch Flüssigkeit hindurchtreten muß, also der mit der gewöhnlichen nassen Reinigung verbundene große Druck in den Retorten vermieden wird.

Die Figur 185 stellt einen verticalen Durchschnitt durch die Axe des Appa-

Fig. 185



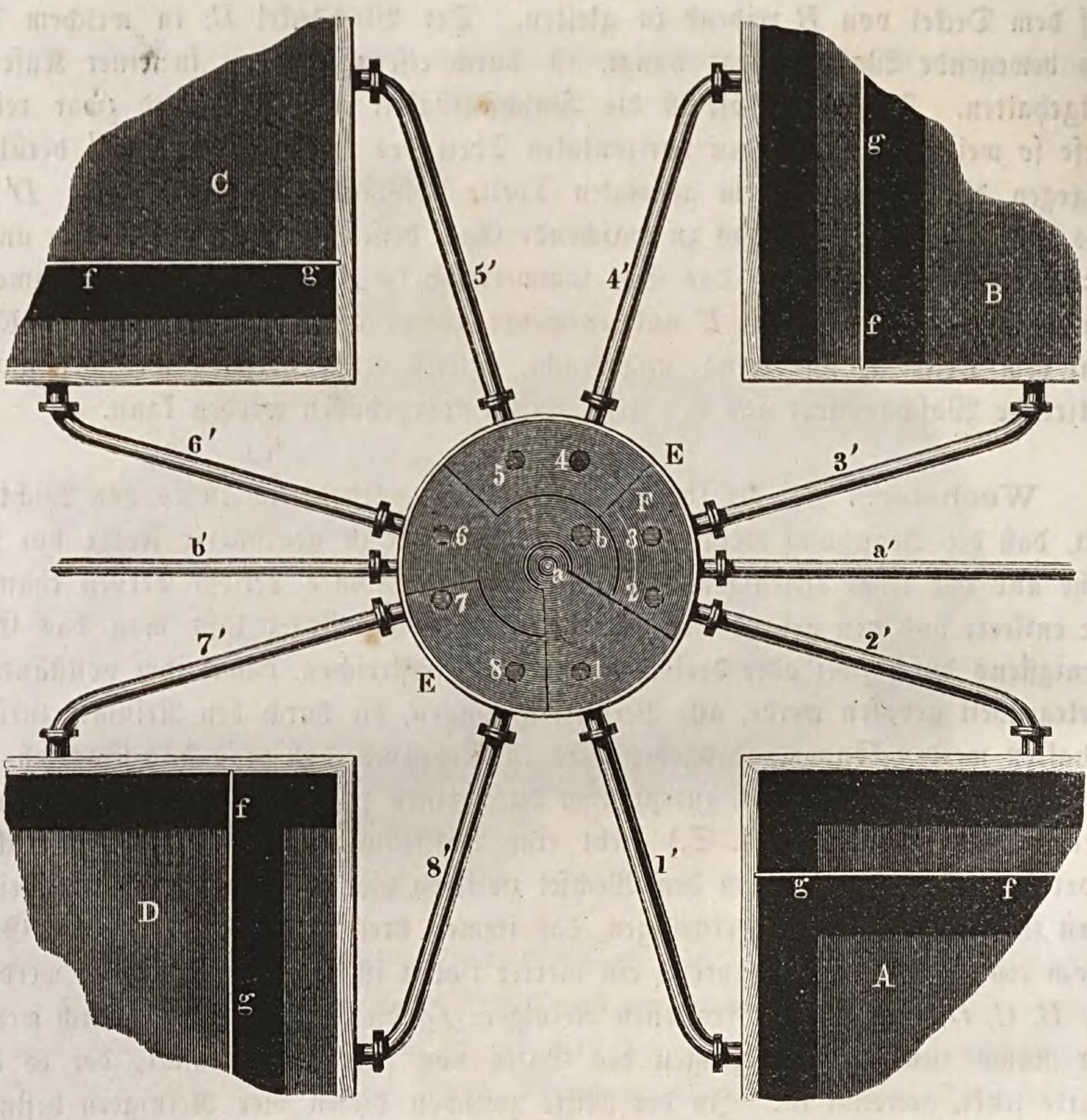
rates dar. Der Apparat besteht aus einem Abschnitt eines sehr stumpfen Kegels A', dessen Neigungswinkel 146 Grad ist; derselbe ist an seiner kleinen Fläche an einen Metallcylinder A befestigt, der auf der gleichen Axe sitzt wie der Kegeldurchschnitt und eine Höhe hat, die ungefähr seiner Breite gleichkommt. Oben ist er durch eine Gußeisenplatte K geschlossen, durch welche die Axe c hindurchgeht, die dazu bestimmt ist, dem Cylinder A und dem konischen Hut A' eine rotirende Bewegung zu ertheilen. Diese Axe c ist gegen die Verticale in einem Winkel von 8 Grad geneigt. Mit ihrem unteren Ende ruht sie auf der Stahlspitze des Wellbaumes b'; während der Kopf derselben ein Zahnrad oder eine Rolle trägt, die dazu bestimmt ist, ihr eine kreisförmige Bewegung zu ertheilen. aa sind die Metallkämme, deren Blätter zur inneren Fläche des kegelförmigen Hutes vertical stehen und zwischen jeder Reihe eine Entfernung von 2 Centimeter zeigen. Die Blätter sind concentrisch geordnet und lassen Zwischenräume zwischen sich, die der Gasmenge, die durchgelassen werden soll, entsprechen. Sie sind ungefähr 15 bis 20 Centimeter lang. Weil die Axe c und der Cylinder A nicht vertical stehen, sondern etwas geneigt, wird bei der Drehung derselben immer die eine Seite des flach konischen Hutes A' eine ungefähr horizontale Lage haben, während die entgegengesetzte Hälfte (da der Konus einen Winkel von 164 Grad hat) um circa 16 Grad in die Flüssigkeit untertaucht. Dieser ganze Mechanismus ist in einer Blechdecke B eingeschlossen. Der Well-

baum b' ist von einem Querriegel gehalten, dessen Enden an dem unteren Rande der Blechdecke B anliegen, während die Axe c von einer Fassung d, die auf der Oberseite von B angebracht ist, gehalten wird. $d' d'$ ist ein Wasserverschluß, der unter der Fassung d angebracht ist, damit diese sich leichter bewegen könne, ohne auf dem Deckel von B reibend zu gleiten. Der Blechdeckel B, in welchem der sich bewegende Waschapparat hängt, ist durch eiserne Lappen in einer Kufe C festgehalten. In dieser Kufe ist die Waschflüssigkeit enthalten, und zwar reicht diese so weit, daß sie nie den horizontalen Theil des konischen Hutes A' berührt, dagegen die Zähne in dem geneigten Theile vollständig benetzen kann. D' ist das Zuleitungsrohr für das zu waschende Gas, dessen oberes offenes Ende unter dem Cylinder A mündet; das Gas sammelt sich in A, geht durch die Kämme a hindurch, verbreitet sich in B und entweicht zuletzt durch das Ausflußrohr EE. Auf dem Deckel B sind Ringe angebracht, mittelst deren derselbe und der ganze rotirende Waschapparat aus der Flüssigkeit emporgehoben werden kann.

Wechsler. Bei der trockenen Reinigung vornehmlich ist es von Wichtigkeit, daß die Benutzung mehrerer gefüllter Reiniger in geordneter Folge vor sich gehe und daß leicht diejenigen außerhalb des Gasstromes versetzt werden können, die entleert und neu gefüllt werden müssen. In der Regel läßt man das Gas wenigstens durch zwei oder drei Reiniger hindurchstreichen, damit ihm vollständige Gelegenheit geboten werde, alle Verunreinigungen, die durch den Reiniger zurückgehalten werden können, abzugeben. Es ist Gebrauch, daß man das Gas, ehe es aus den Reinigern austritt, zuletzt noch durch einen frisch gefüllten Reiniger streichen läßt. Fig. 186 (a. f. S.) giebt eine Vorstellung von der sehr sinnreichen Vorrichtung Malam's, um den Wechsel zwischen vier zusammengehörigen Reinigern in der Weise zu bewerkstelligen, daß immer drei nach einander in den Gasstrom eingeschaltet sind, während ein vierter isolirt ist, um neu gefüllt zu werden. A, B, C, D sind die vier trockenen Reiniger; fg die Zwischenwände, durch welche der Raum zum Aufwärtssteigen des Gases von dem Abzugscanal, der es abwärts lenkt, getrennt ist. In der Mitte zwischen diesen vier Reinigern befindet sich ein kreisrunder gußeiserner, im Innern mit Kammern versehener Cylinder E, von diesem aus führen nach jedem der Reiniger zwei Röhren, und zwar eine in die größere Abtheilung, worin die Hürden sich befinden (vgl. Fig. 180, q), die andere von der schmalen Abtheilung aus, gegen den Cylinder E hinführend. Außer diesen acht Röhren stehen mit E zwei weitere in Verbindung, a' für das Zuleiten des Gases zu den Reinigern, b' für das Fortführen des gereinigten Gases. Der Cylinder E hat in seinem Boden 10 runde Oeffnungen, 8 an der Peripherie, 1, 2, 3 bis 8, eine im Centrum, a, und eine dieser naheliegende, b; erstere (a) steht mit dem Rohre a', letztere mit dem Rohre b' in Verbindung. Durch diese Oeffnungen sämmtlich sind luftdicht senkrechte, oben offene gußeiserne Röhren gesteckt, jede etwa 1 Fuß hoch. Der Cylinder E ist aber ungefähr 6 Zoll hoch mit Wasser gefüllt, so daß sämmtliche Röhren a, b, 1, 2, 3 bis 8 über das Niveau desselben um 4 Zoll herausragen. In den äußeren Cylinder ist ein innerer von nur wenig kleinerem Durchmesser eingesenkt. Dieser ist oben geschlossen und hat im Innern Wände, durch die er in Abtheilungen getheilt ist, 146

wie die Figur sie zeigt. Eine derselben hat die Form, daß die central liegende Röhre *a* mit irgend einer der an der Peripherie liegenden communiciren kann, eine zweite Kammer ist so beschaffen, daß die nächst dem Centrum liegende Röhre

Fig. 186.



b mit irgend einer der an der Peripherie befindlichen in Verbindung gestellt werden kann, und endlich sind noch drei andere vorhanden, die je zwei Röhren von den mit 1 bis 8 bezeichneten mit einander verbinden. Diese Zwischenwände des inneren Cylinders *F* sind in das Wasser gestülpt, und dieses dient als Absperrungsflüssigkeit für alle Communicationen zwischen den Röhren *a*, *b*, 1, 2, 3 bis 8, außer zwei gemeinschaftlichen in einer und derselben Kammer mündenden. So wie in der Figur der Cylinder *F* sammt den ihn abtheilenden Wänden steht ist *a* das Zuflußrohr mit 1 und durch die Verbindungsröhre 1′ mit dem Reiniger *A* in Verbindung; durch diesen strömt das Gas, und über *fg* durch 2′ nach 2, von hier durch 3 3′ nach dem Reiniger *B* weiter durch 4′4 in den Cylinder *E* zurück, durch 5 wieder heraus nach 5′ und *C*, von diesem Reiniger nach 6′ und 6, und von da endlich durch *b* und *b*′ in den Gassammler. Auf diese Weise ist 7 7′ und 8′ 8, also der ganze Reiniger *D*, abgeschlossen. Es ist deutlich, daß es nur auf eine Hebung des inneren Cylinders *F*, eine Drehung um 90 Grad und

Wiedereinsenkung desselben ankommt, um den Reiniger *A* abzusperren und das Gas aus *a' a* zuerst aus 3 3' *B* u. s. w. und durch 7 7' 8' und 8 nach *b b'* abzuleiten.

Fig. 187.

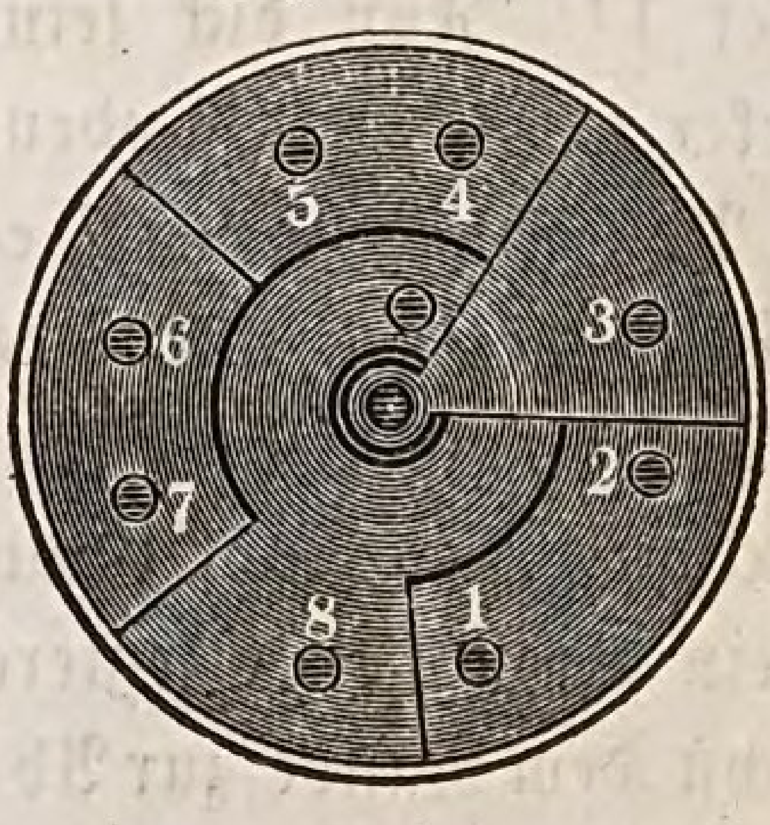


Fig. 187 wird dies deutlich machen. Es können also der Reihe nach die Röhren 1 und 2, die 3 und 4, die 5 und 6, die 7 und 8 aus dem Gasstrom ausgeschaltet werden, um die ihnen entsprechenden Reiniger *A*, *B*, *C* oder *D* zu entleeren und neu zu füllen. Anstatt dieser Wasserventile hat man auch Schieberventile zum Behufe des Zuführens und Ablassens des Gases bei den Reinigern angebracht; es sind dies Einrichtungen, wie sie auch in die Leitungen zum Reguliren und Absperren eingeschaltet werden; wir werden unten sie beschrieben finden.

Ehe das Gas aus den Reinigern in die Gasbehälter strömt, läßt man es in wohleingerichteten Anstalten durch die Betriebscontrole-Uhr hindurchgehen. Im Wesentlichen ist diese eine große Gasuhr und ihr Hauptzweck Messung der während eines jeden Arbeitstages producirten Menge gereinigten Gases. Neben diesem Zweck kann durch diese Uhr auch controlirt werden, wie der Gang der Fabrikation in jeder Stunde beschaffen ist. Dies geschieht durch graphische Darstellung, die von der Uhr selbst aufgezeichnet wird, unter Mithülfe einer gewöhnlichen Stundenuhr, deren Zeiger durch ein kleines Hebelwerk, an dem ein Bleistift sitzt, auf eine an der Axe des Schaufelwerkes der Gasuhr (siehe unten) sitzende und mit ihr sich drehende Scheibe aufschreibt, in welchem Verhältniß die Drehungsgeschwindigkeiten der Gasuhr und der Stundenuhr stehen. Den wichtigeren Theil, die Gasuhr, werden wir unten beschrieben finden. 147

Gasbehälter.

(Gazometre, Gasholder, unrichtigerweise oft auch im Deutschen Gasometer.)

Die Gasbehälter, wie sie gegenwärtig allgemein construirt werden, bestehen 148 aus zwei wesentlichen Theilen. Davon ist der eine ein kreisrundes, wasserdichtes Becken mit senkrechten Wänden zur Aufnahme des als Absperrungsflüssigkeit dienenden Wassers. Der andere, die Glocke oder Kuppel, ist ein unten offener, oben geschlossener Cylinder aus genietetem Eisenblech von etwas geringerem Durchmesser als das Becken, in dasselbe eintauchend und so eingerichtet, daß er in beliebiger Stellung mehr oder weniger tief, je nach der Menge des darunter angesammelten Gases, stehen bleiben kann. Unter diesem umgestülpten Deckel münden zwei Röhren, beide über dem Niveau der Absperrflüssigkeit, die eine ist die Zuleitungs-, die andere die Ableitungsröhre für das Gas. Das Reservoir für das Wasser ist gewöhnlich eine auf ebenem Grunde angelegte Vertiefung; manchmal steht dasselbe so hoch, daß sein Boden im Niveau mit der Bodenfläche des Hofes der Gasanstalt liegt, und ist in diesem Falle mit Erdwällen oder sehr starken Mauern umgeben, endlich bei Mangel an Flächenraum und namentlich bei kleineren Gassammlern kommt es vor, daß sie auf Gerüsten aufgestellt sind, um den Raum unterhalb zu Anderem gebrauchen zu können.

In den beiden ersten Fällen sind diese Behälter aus Mauerwerk gemacht,

und zwar ist die innere Umfassungsmauer aus Backsteinen mit hydraulischem Kalk verbunden, von einer gestampften Lehmschicht oder einer starken Steinmauer umgeben. Die Backsteinmauer soll für größere Bassins an ihrer Basis nicht weniger als $2^1/_2$ bis 3 Fuß, am oberen Rande doch noch 2 oder $1^1/_2$ Fuß dick sein, auch die Lehmschicht (Lehm und Sand) ist unten etwas stärker zu geben als oben. Der Boden der Reservoire ist gewöhnlich oben aus einer Backsteinlage mit Cement und darunter ebenfalls aus einer Lage gestampften Lehms gebildet, und dies möchte die zweckmäßigste Einrichtung sein, oder es ist ein Kegel von Erde darin stehen gelassen, der dann aber ebenfalls mit einer wasserzurückhaltenden Schicht von Thon oder Lehm, oder besser einer Backsteinlage überdeckt sein muß. Diese letztere Einrichtung hat den Zweck, die Wassermasse, die doch nur nächst dem Rande zur Absperrung dienen soll, zu verringern, da es oft mit Schwierigkeiten oder Zeitverlust verbunden ist, ein so großes Gefäß mit Wasser zu füllen. Die Verminderung der Ausgrabungs- und Erdbewegungskosten durch Stehenlassen eines solchen stumpfen Kegels ist nicht groß, da er wegen der Gefahr, Erde abrutschen zu lassen, sehr flach gehalten sein muß und die Kosten der gestampften Lehmschicht für die größere Oberfläche ebenfalls in Anschlag zu bringen sind. Diejenigen Wasserbecken, welche mit einem massiven cylindrischen Mauerwerk innen so gut ausgefüllt sind, daß der mit Absperrungsflüssigkeit gefüllte Raum nur einen ringförmigen Canal darstellt, sind kaum mehr im Gebrauch. Es sind nicht leicht allgemeine Regeln für die Wahl der Mauerstärke und der Lehmumhüllung u. s. w. zu geben; die unten beschriebenen Gashalter werden das Wesentlichste dieser Verhältnisse erkennen lassen. Gashalter, die in die Höhe gestellt werden müssen, haben in der Regel gußeiserne Wasserreservoire. Diese sind zusammengesetzt aus einzelnen Gußplatten, die in der Nähe des Bodens etwas über einen Zoll, am oberen Rande etwas über $^1/_2$ Zoll dick sind und außerdem zwei diagonale Verstärkungsrippen haben, die, gegen die Mitte hin 2 Zoll betragend, sich nach dem Rande hin stark vermindern. Die einzelnen Platten, welche natürlich kurze Kreisausschnitte darstellen, haben aufgebogene Ränder von etwa 2 Zoll Breite, in welchen sich Löcher befinden, die für Nietbolzen bestimmt sind. Die Bodenplatten, die auf ähnliche Weise an einander gefügt werden, haben eine Dicke von nahezu 1 Zoll. Die Fugen dieser Behälter werden durch Eisenkitt (siehe oben Retorten) oder einen dicken Theer gedichtet.


Man macht eiserne Reservoire von über 100 Fuß Durchmesser, die jedoch selten sehr tief sind. Außerhalb des Wasserbeckens ist eine Vorrichtung zur Aufnahme der Zu- und Ableitungsröhren anzubringen. Bei Gasometern, die in den Boden versenkt sind, besteht dieselbe am gewöhnlichsten in einem ausgemauerten Schacht von der Tiefe des Wasserbeckens, dessen bauliche Ausführung ganz in gleicher Weise wie die des Reservoirs vorzunehmen ist. In demselben stehen die Leitungsröhren, das Mauerwerk des Beckens ist unten durchbrochen, die Röhren sind wasserdicht an dieser Stelle eingelegt und steigen im Innern bis zum Rande des Beckens. Eine andere Vorrichtung ist: die Einleitungs- und Ableitungsröhren in der auf- und abwärts beweglichen Glocke anzubringen und sie an dieser Bewegung selbst Theil nehmen zu lassen, was mittelst Charnieren bewirkt werden kann. Es sind auf dem Rande der Umfassungsmauer eiserne Pfeiler aufgestellt, an welchen die Lenkapparate für Auf- und Niederführung der eisernen

Glocke angebracht sind. Sie ruhen auf großen Steinen, die in die Backsteinmauer eingelassen sind und gegen das Reservoir hin um einige Zoll vorspringen. Die Lenkvorrichtungen hat man in verschiedenen Modificationen. Die Glocke oder Kuppel, also der bewegliche Theil des Gashalters, wird jetzt gewöhnlich aus viel dünnerem Eisenblech gemacht, als dies früher, da man vor Explosionen große Besorgnisse hatte, der Fall war. Nichtsdestoweniger würden in einigen Fällen das Blech, die Nieten und die Strebestangen im Innern einen zu großen Druck auf das darin befindliche Gas ausüben, wenn nicht das Gewicht dieser Massen durch Gegengewichte, die an Ketten hängen, welche über Rollen an die Lenkpfeiler geschlagen sind, zum Theil aufgehoben würde. Es giebt indessen an der Stelle dieser früher allgemein gebrauchten noch andere, dem gleichen Zweck dienende Hülfsmittel. Die Nietfugen der Eisenbleche sind durch einen dicklichen Theer- oder Oelanstrich gedichtet. Die ganze Oberfläche der Glocke ist ebenfalls angestrichen, um das Eisen gegen Rost zu schützen.

Die Glocken bestehen gewöhnlich aus einem einfachen Cylinder, oben mit einem convexen Boden versehen. Da, wo nicht oder nur zu hohen Preisen die nöthige Bodenfläche zur Anlage von einfachen Gashaltern zur Verfügung ist, hat man die Seitenwände der Glocken dadurch erhöht, daß man diese nach Art der Ausziehfernrohre in einander geschoben hat, wodurch ein hoher, mit Gas füllbarer Raum ermöglicht ist, ohne daß bei der ersten Füllung ein entsprechend tiefes Wasserbecken erfordert wird. Die einzelnen Abtheilungen eines solchen Teleskopgashalters müssen natürlich so an einander schließen, daß nicht Gas zwischen ihnen entweichen kann; dies wird dadurch erreicht, daß man am unteren Rande des oberen engeren Rohres äußerlich eine mit Wasser zu füllende Rinne anbringt, in welche der nach innen gebogene Rand des unteren und weiteren Cylinders eintaucht. Das Wasser bildet auf diese Weise das absperrende Mittel.

Fig. 188 (a. f. S.) stellt einen senkrechten Durchschnitt eines von Clegg ausgeführten Gashalters dar. Derselbe hat einen Durchmesser von $87^1/_2$ Fuß auf 25 Fuß engl. Höhe. aa sind die Backsteinmauern des Beckens, oben dünner als unten; bb die Schichte festgestampften Lehms zwischen der Mauer und dem Erdreich rings um den Behälter. Die Mauer a geht in der Ebene ihres Fundamentes nach innen zu in eine kreisförmige Rinne o über, deren Construction die eines umgekehrten Gewölbes sein kann, und in welchem der untere Rand der Glocke, wenn sie gasleer ist, ruht. dd sind hohle gezogene Eisenröhren von etwa $1^1/_2$ Zoll Durchmesser, die als Strebestangen zwischen dem Deckel und den Seitenwänden angebracht sind. qq sind horizontal laufende Schienen aus T-förmigem Façoneisenblech, die in Abständen von je 5 Fuß über einander an den senkrechten Wänden zu deren Verstärkung angebracht sind. Eine ähnliche Schiene von Winkeleisen, in Kreisabschnitten gewalzt, die der Peripherie entsprechen, dient zur Verbindung der senkrechten Wände der Glocke mit der gewölbten Decke. E ist der im Innern des Beckens stehen gelassene Erdkegel; f gußeiserne Pfeiler aus zwei unter einem Winkel von ungefähr 60 Grad zusammenstoßenden, unten breiteren, oben schmäleren Gittern. An der Innenseite derselben, wo sie zusammenstoßen, sind senkrechte Stangen g befestigt; diese dienen den am Deckel angenieteten Oehren h, somit auch der Glocke selbst zur Leitung bei ihrem Auf- und Niedergehen. i ist ein am unteren Rande der Glocke

Fig. 188.

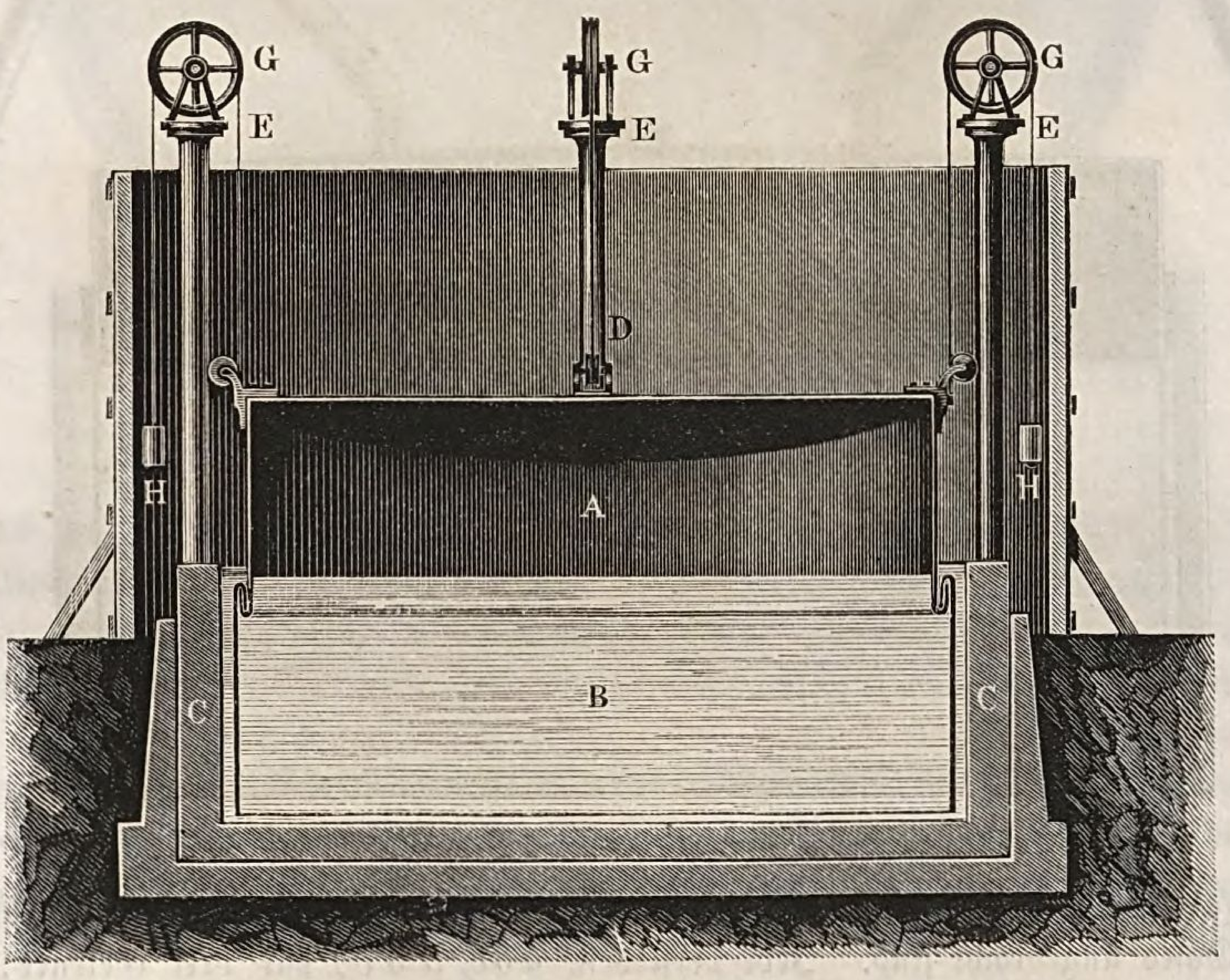


angebrachter starker hölzerner Ring. Vermöge des geringen specifischen Gewichtes des Holzes hilft dasselbe die Last der Glocke tragen, so lange er in der Absperrungsflüssigkeit untertaucht. *k* ist ein ausgemauerter Schacht in geringer Entfernung neben dem Bassin; *l* und *m* sind die in diesem Schachte niedergehenden und im Bassin bis über das Flüssigkeitsniveau aufsteigenden Zu- und Ableitungsröhren.

An beiden sind Schubventile angebracht, um den Ein- und Austritt des Gases durch die Röhren willkürlich bewerkstelligen zu können. In unserer Abbildung sind diese Schieber etwas nahe an dem Gashalter angebracht, während sie in der Regel in dem Gebäude sich befinden, worin die Betriebscontrolmittel und der Regulator aufgestellt sind. An der horizontalen Stelle der Einleitungs- wie der Ableitungsröhre sind kleine gußeiserne Theersammler angebracht, um die Absperrungsflüssigkeit nicht zu sehr zu verunreinigen. In Gegenden, wo Gefahr des Gefrierens des Absperrungswassers vorhanden ist, führt man einen dünnen Strahl warmen Wassers dem Gashalterbassin zu. Das Absperrungswasser wird indessen schon durch die Berührung mit immer noch etwas warm einströmendem Gase vor zu schneller Abkühlung bewahrt.

Ein Teleskopgasbehälter ist Fig. 189 im senkrechten Durchschnitt dar-

Fig. 189.

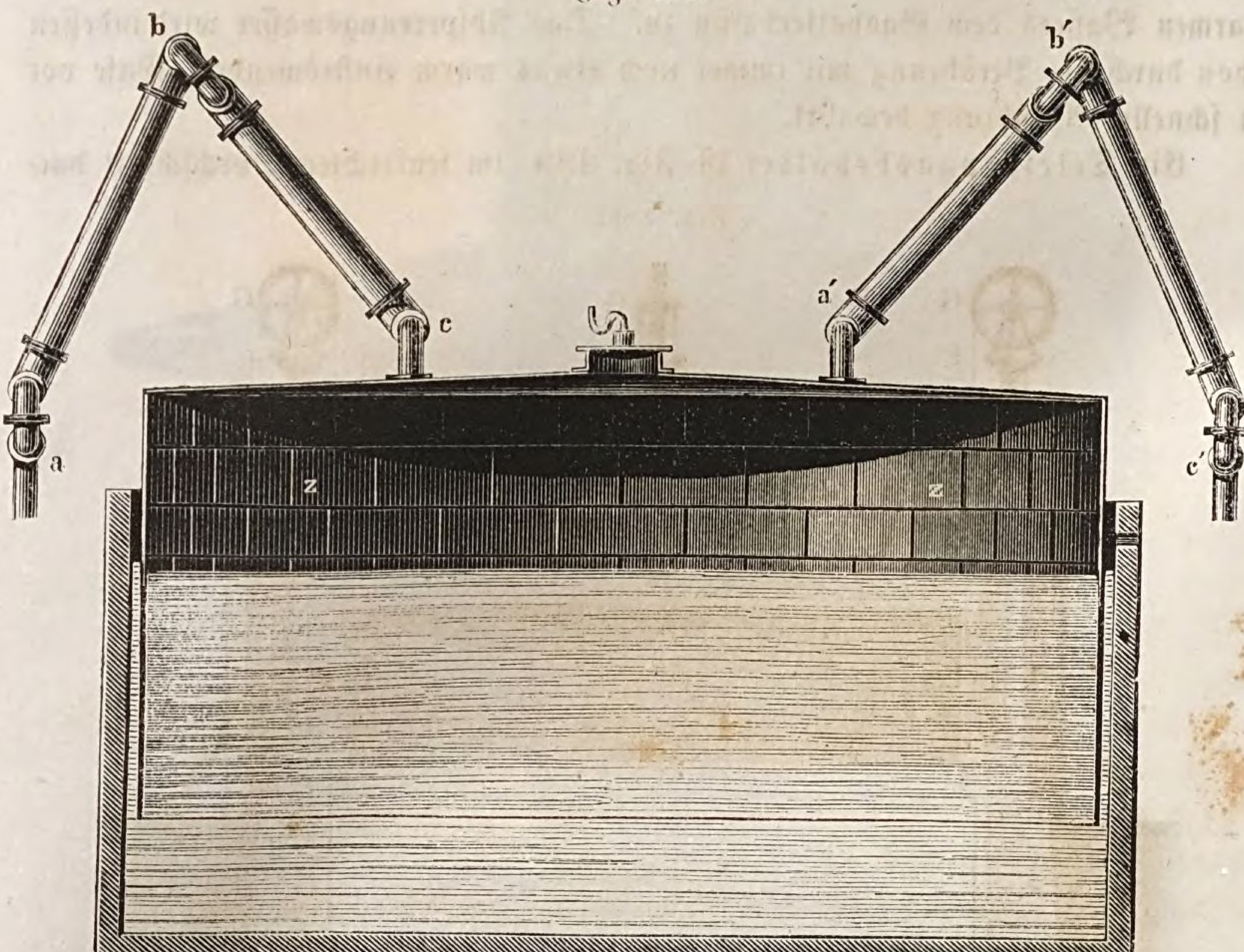


gestellt. *A* ist der obere Theil der zweitheiligen Glocke; *B* der Wasserbehälter; *C* die Umfassungsmauer desselben, von gleichem Material und gleicher Construction wie im vorigen Beispiel. Das Becken und Wasserniveau im unteren Theile reicht jedenfalls bis über den oberen Rand des weiteren Theiles der Glocke. Dieser wird beim Aufwärtsgehen von der oberen Hälfte vermöge der angebrachten Umbiegung des Randes nachgezogen. Die Rinne am oberen Theile darf nicht

niedriger sein, als die Wassersäule, welche dem Druck entspricht, den die Luft der Glocke auf das Gas ausübt. *E* sind vier eiserne Säulen, an deren innerer Seite die an der Glocke angebrachten Rollen *D* in entsprechenden Furchen gelenkt werden. *G* sind größere, auf *E* festsitzende Rollen, über welche Ketten geschlagen sind, die einerseits an der Decke der Glocke durch Haken befestigt sind und auf der anderen Seite Gewichte tragen, vermöge deren der größere Theil des Drucks, den die Eisenmasse der Glocke ausübt, aufgehoben wird. Diese Art Gasometer sind in der Regel mit einer leichten Mauer auf die ganze Höhe der ausgezogenen Glocke umgeben oder mit einem Schuppen überbaut, um sie gegen die Wirkungen des Windes zu schützen. Die Röhren für Ab- und Zuleitung sind auf ganz ähnliche Weise angebracht, wie in dem einfachen Gasometer, und in der vorliegenden Figur weggelassen.

Die Figuren 190 und 191 stellen Seiten- und Oberansicht einer Gaso-

Fig. 190.

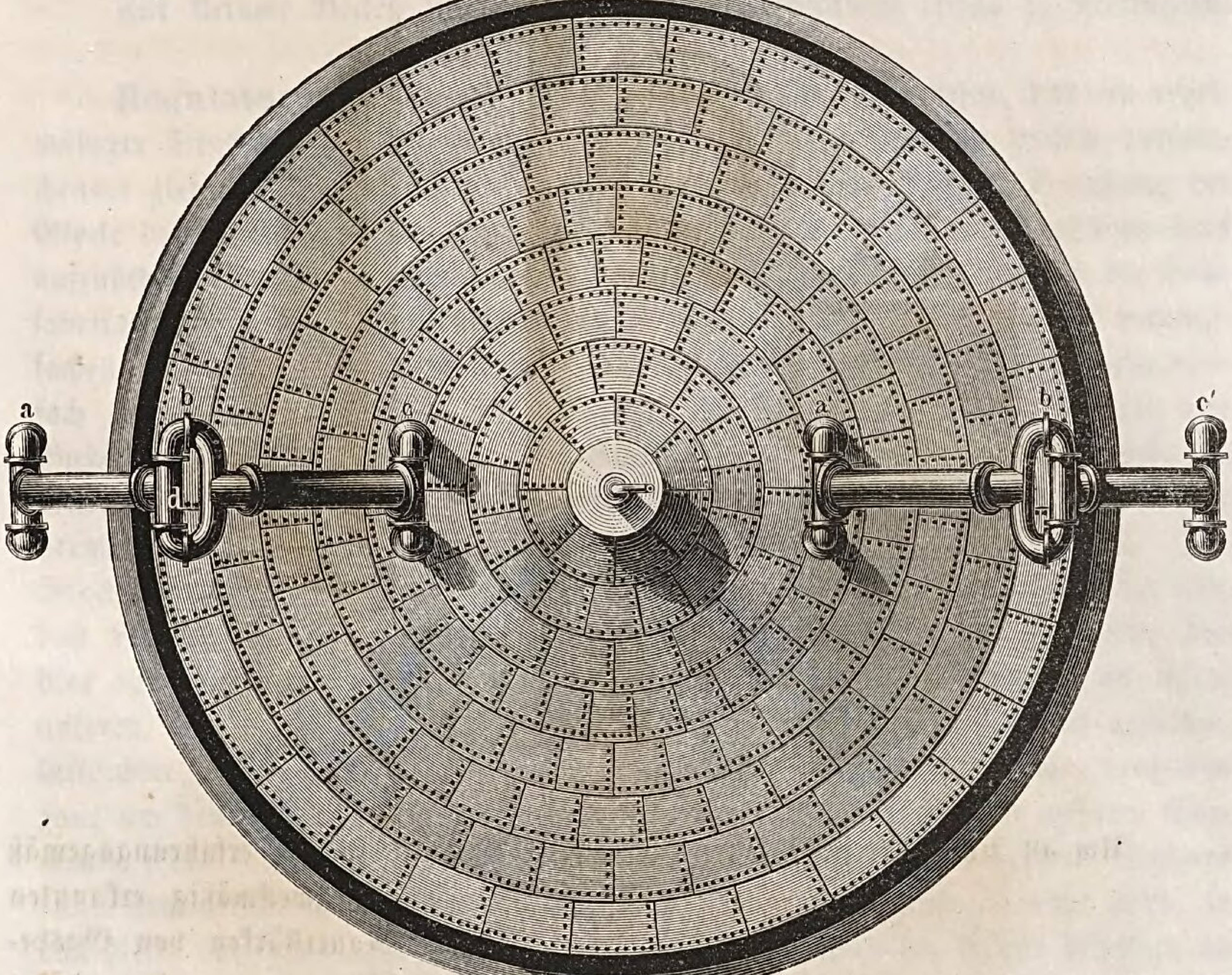


meterglocke dar, in deren Deckel links die Zuleitungs-, rechts die Ableitungsröhren des Gases angebracht sind. Jede derselben, *abc*, *a′b′c′*, hat drei Gelenke, die begreiflich ebenfalls hohl sind und deren Einrichtung sich aus der Abbildung namentlich bei *b* und *b′* ergiebt. In der Büchse *d* sind die rechts und links eingeschobenen Stücke eines Kettengliedes eingeschliffen und drehbar. Die Einrichtung, obgleich einer genauen Arbeit bedürfend und darum kostenvoll, ist dennoch wohl die minder theure, verglichen mit dem Schacht und den darin aufgestellten festen Zu- und Ableitungsröhren.

Die Mittel zur senkrechten Führung der drei beschriebenen Gashalterglocken

Fig. 188, Fig. 189 und Fig. 190 sind, wie aus den Zeichnungen und Beschreibungen hervorgeht, verschieden. Die an dem Teleskopgasbalter, Fig. 189, angebrachte ist die gewöhnlichste, die auch an anderen Gashaltern vorkommt. Oben

Fig. 191.

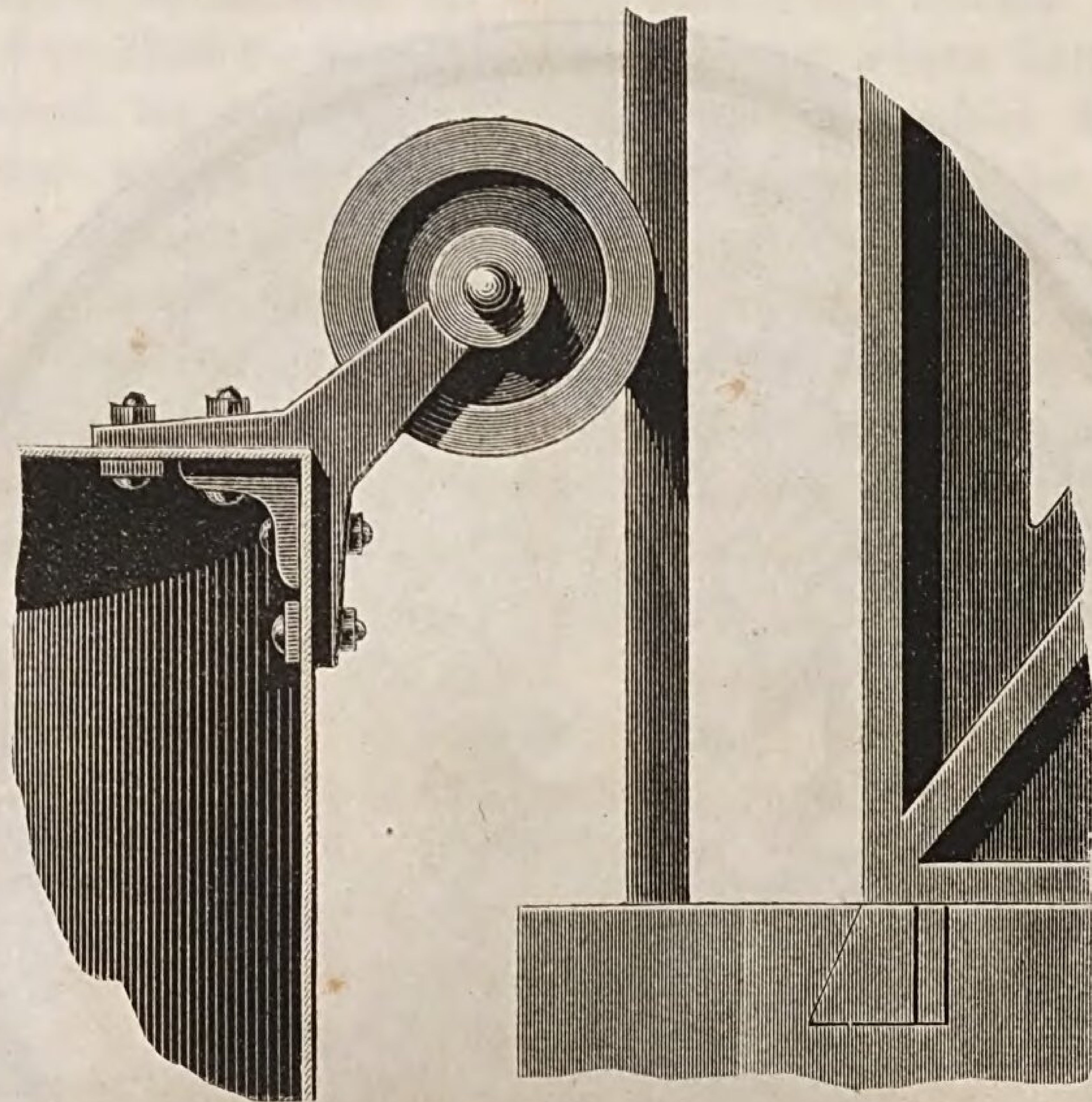


am Dach, in Abständen von 90 Grad, sind vier Rollen angebracht, die, etwas über den cylindrischen Theil der Glocke hinausragend, sich an vier entsprechende Pfeiler, gegen innen mit platten Eisenschienen versehen, anlehnen. Am unteren Rande der Glocke, genau in die Mitte der oberen fallend, finden sich ebenfalls vier Rollen, die an vier in den verticalen Wänden des Bassins eingelassenen Schienen andrückend gleiten. Die Glocke ist also an acht Punkten in verticalem Stande gehalten, ohne daß deren Auf- und Abgehen ein Hinderniß geboten ist, diese Bewegung ist vielmehr durch die Rollen begünstigt. Die gleiche Einrichtung findet sich häufiger in der Anordnung, daß oben drei und unten drei solche Rollen in Abständen von 120 Grad und die unteren zwischen die oberen fallend angebracht sind. Fig. 192 und Fig. 193 (a. f. S.) verdeutlichen diese Rollen und ihre Befestigung an der Glocke mit Grund- und Seitenansicht.

Die Dimensionen der Gashalter finden sich äußerst verschieden. Ob einer oder, was vorzuziehen ist, mehrere in einer Gasfabrik vorhanden seien, ihr Inhalt soll $^2/_3$ des in der längsten Nacht im Winter vorkommenden Consums entsprechen. Man hat deren, die 1000 bis 2000 Kubikfuß Gas fassen und

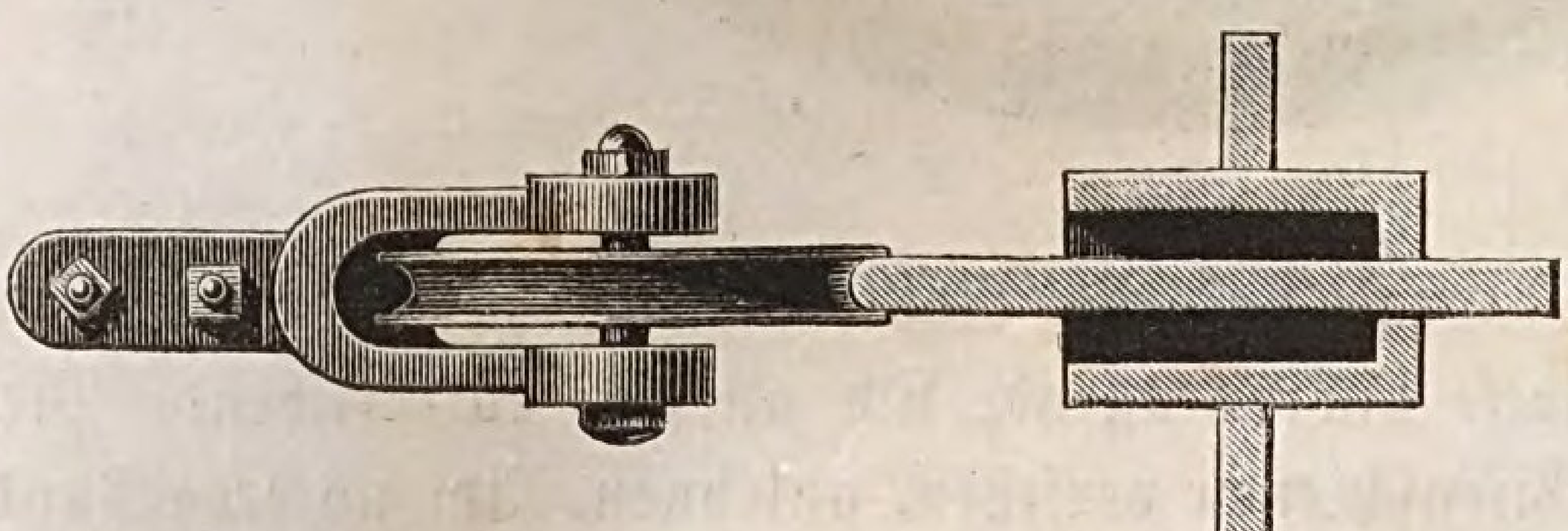
welche für einzelne Häuser dienen, bis zur Größe von 140 Fuß Durchmesser und 70 Fuß Höhe, die über eine Million Kubikfuß Gas aufnehmen können. Der letzteren einer findet sich in den Gaswerken von Philadelphia.

Fig. 192.



Um an einem Beispiel einen genaueren Einblick in die erfahrungsgemäß als zweckmäßig erkannten Mauerstärken von Gasbehältern zu geben, diene nachfolgende Zusammenstellung.

Fig. 193.



Der englische Ingenieur Croll, der sehr große Gaswerke anlegte, brauchte für den Gashalter zu Bow, der 105 Fuß engl. Durchmesser und 26 Fuß 6 Zoll engl. Tiefe hat:

Fundamentirung in Bruchsteinen	.	.	.	.	.		3′ 6″	breit,
Unterste Schicht der Mauer in Backsteinen						4′ hoch,	2′ 6 1/2″	"
zweite	"	"	"	"	"	5′ "	2′ 2″	"
dritte	"	"	"	"	"	5′ "	1′ 9 1/2″	"
vierte	"	"	"	"	"	6′ "	1′ 5 1/2″	"
fünfte	"	"	"	"	"	6′ "	1′ 1″	"

Zwölf Pfeiler für die eisernen Lenksäulen, 3′ : 3′ 6″ Fläche und 24′ Höhe. Schacht für die Röhren 7″ weit, 30′ hoch und 9″ Mauerdicke. Der innere Erdkegel 25′ hoch, oberer Durchmesser 46′, unterer 93′, Backsteinlage 9″ dick. Zwölf Steinquader, 2′ hoch, 3′ breit, 5′ lang, als Unterlage für die eisernen Lenksäulen

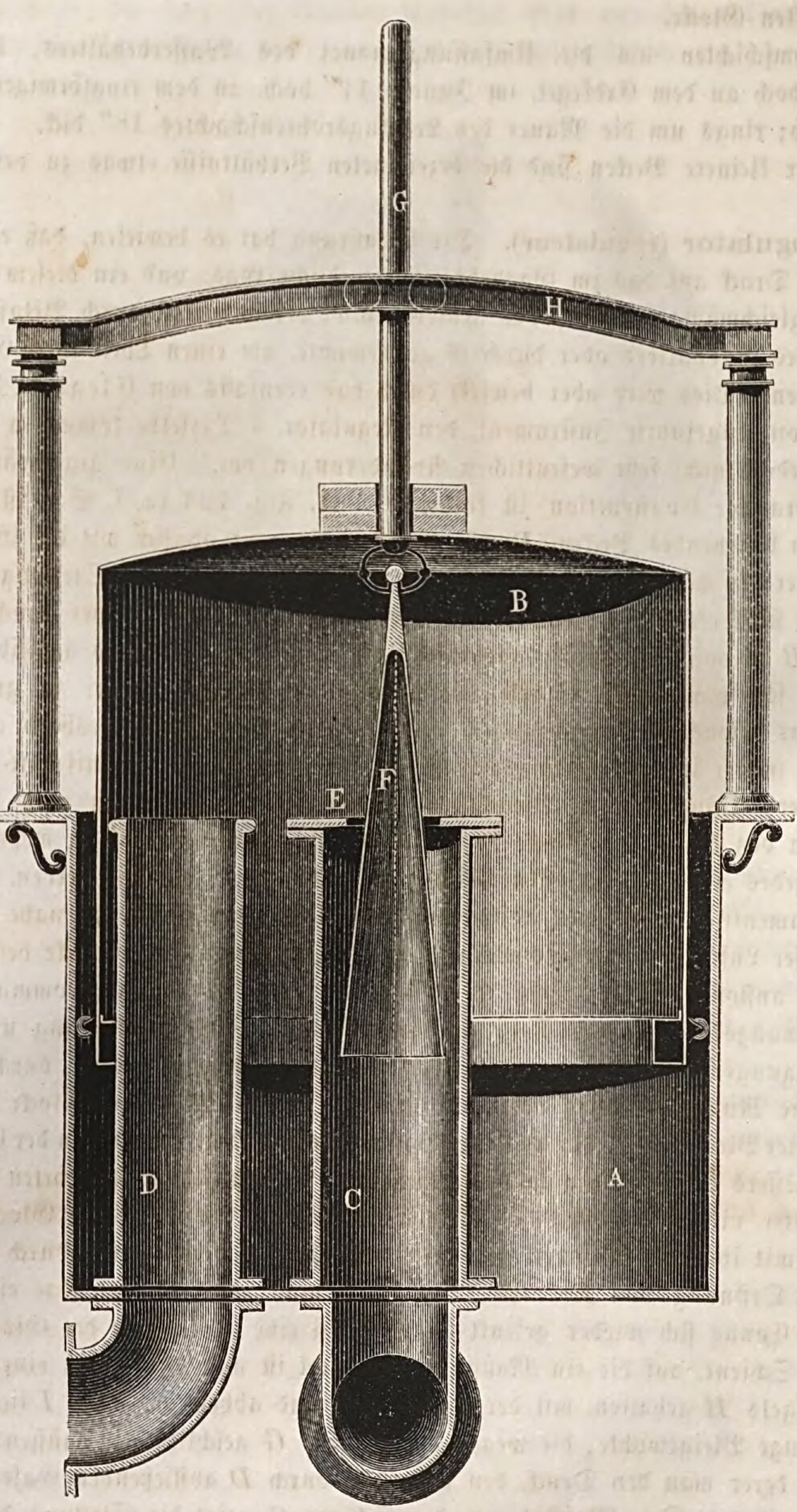
Vierundzwanzig Steinquader von 2′ 6″ und 1′ 6″ Höhe, als Träger der eingesenkten Glocke.

Lehmschichten um die Umfassungsmauer des Wasserbehälters, 18″ dick, 28′ 6″ hoch an dem Erdkegel, im Innern 12″ hoch, an dem ringförmigen Boden 18″ hoch; rings um die Mauer des Leitungsröhrenschachtes 18″ dick.

Für kleinere Becken sind die bezeichneten Verhältnisse etwas zu verringern.

Regulator (regulateur). Die Erfahrung hat es bewiesen, daß ein regel- 148
mäßiger Druck auf das im Gasbehälter befindliche Gas, und ein diesem entsprechender gleichmäßiger Abfluß des letzteren nicht erreichbar ist durch Belastung der Glocke des Gashalters oder durch Gegengewichte, um einen Theil ihres Gewichtes aufzuheben. Dies wird aber bewirkt durch das ebenfalls von Clegg in die Gasfabrikation eingeführte Instrument, den Regulator. Derselbe kommt in mannigfachen, jedoch nicht sehr wesentlichen Abänderungen vor. Eine gegenwärtig vielfach gebrauchte Construction ist folgende: *A*, Fig. 194 (a. f. S.), ist ein aus Gußeisen bestehendes Becken, *B* eine Glocke, die ganz ähnlich wie die Glocke des Gashalters in demselben steht, und mit ihrem Rande bei jeder Stellung, die ihr vermöge stärkerer oder schwächerer Füllung zukommt, unter Wasser taucht. Die Glocke *B* ist von Eisenblech; ganz mit Luft gefüllt, sollte sie so äquilibrirt sein, daß sie schwimmt. Die Stärke des Bleches ist indessen immer so groß, daß dies ohne besondere Vorrichtungen nicht möglich ist. Es ist deshalb an ihrem unteren, immer im Absperrungswasser eintauchenden Rande ein mit Luft gefüllter, luftdichter, kranzförmiger Blechkasten angebracht. Anstatt daß man denselben ganz um den Rand der Glocke herumlaufen läßt, kann er auch in mehrere Segmente, jedes einen abgeschlossenen Raum für sich bildend, getheilt werden. Letzteres dann namentlich, wenn das Abflußrohr dem Rande der Glocke zu nahe steht, so daß dieser Luftkasten oder Schwimmer, an der Innenwand der Glocke befestigt, an dasselbe anstoßen könnte. Es ist *C* das mit dem Gasbehälter communicirende Einströmungsrohr, *D* das Rohr für den Abfluß in die Hauptleitung und deren Verzweigungen. Das Rohr *C* ist oben mit einem Ring *E* bedeckt, durch welchen die obere Mündung etwas verengert wird. In der Mitte der Glocke *B* hängt ein hohler Blechkegel *F*, der an seiner Basis einen Durchmesser hat von der Größe des Durchmessers der Oeffnung in dem Ringe *E*. Strömt durch vermehrten Druck im Gashalter viel Gas durch *C* in den Regulator, so wird die Glocke *B* gehoben; mit ihr hebt sich aber auch der Conus *F* und verringert dadurch die ringförmige Oeffnung von *E*. Es kann dann nicht mehr so viel Gas einströmen, bis der Conus sich wieder gesenkt hat. *G* ist eine in der Axe der Glocke *B* befestigte Schiene, auf die ein Maßstab angebracht ist und die sich, in einem Schlitz des Bügels *H* gehalten, mit der Glocke auf- und abbewegt. Bei *I* liegen scheibenförmige Bleigewichte, die wegen der Schiene *G* geschlitzt sein müssen und vermittelst derer man den Druck, den man dem durch *D* abfließenden Gase ertheilen will, regulirt. Der Maßstab an der Schiene *G* zeigt die Stellung der Glocke an und giebt damit Aufschluß über die durch die kranzförmige Oeffnung zwischen dem Conus *F* und dem Ringe *E* ausströmende Gasmenge. *M* ist das Segment des Luftkastens.

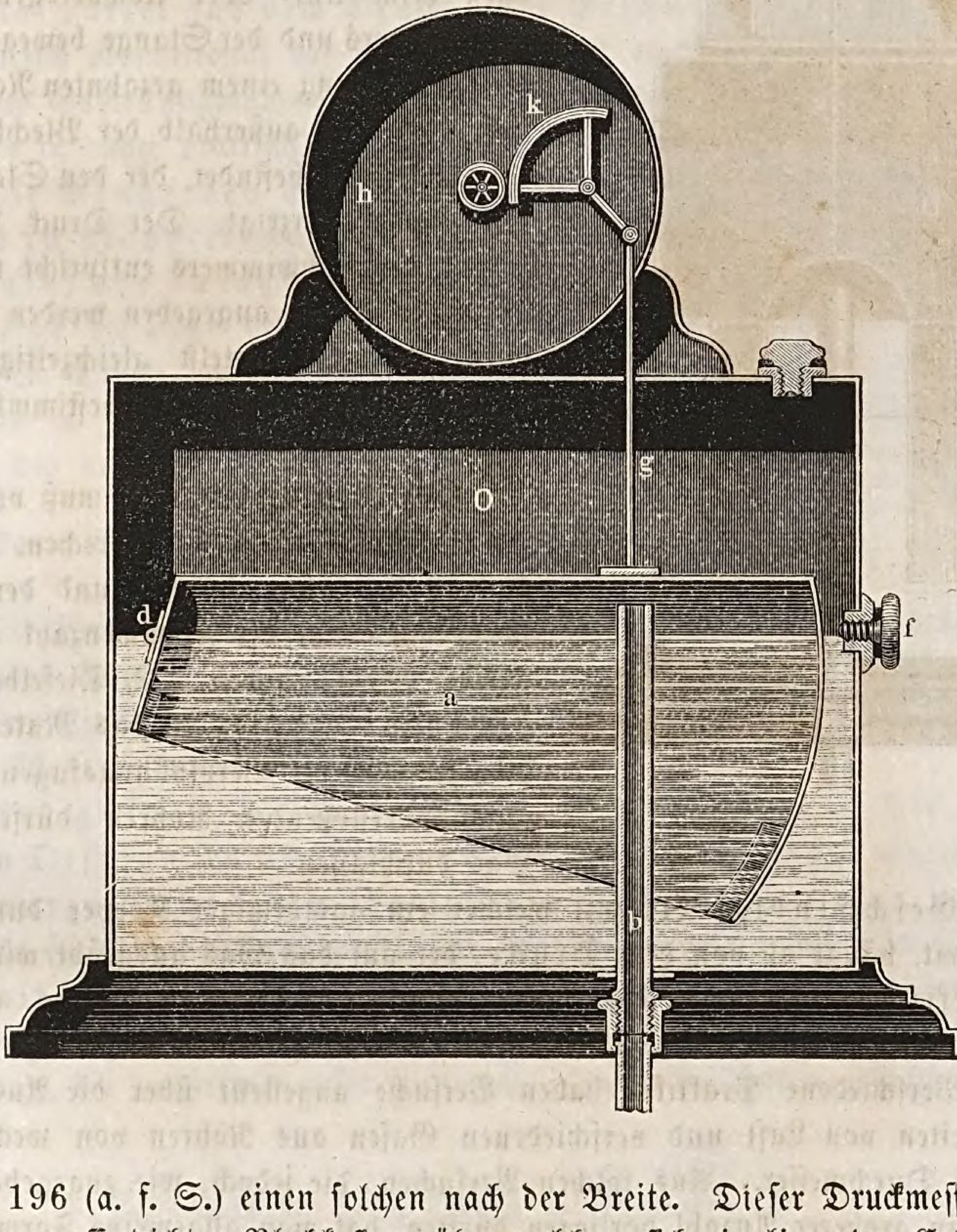
Fig. 194.



Druckmesser. Es ist von Wichtigkeit, daß der Druck, mit welchem das Gas in die Leitungen eingeführt wird, gemessen werden könne. Dies geschieht durch Instrumente, die den Namen Druckmesser haben. Es giebt deren, die den Wechsel des Druckes, der während einer gewissen Zeitdauer stattgefunden hat, selbstthätig aufschreiben, so der von Crosley, welcher sich, aus den Werkstätten von Siry Lizars in Paris hervorgegangen, in vielen Gasanstalten findet. Andere zeigen nur den im Momente der Beobachtung stattfindenden Druck an. Unter diesen wird der von Schilling construirte als vorzügliche Dienste leistend hervorgehoben. 149

Die Figur 195 zeigt einen senkrechten Durchschnitt desselben nach der Länge,

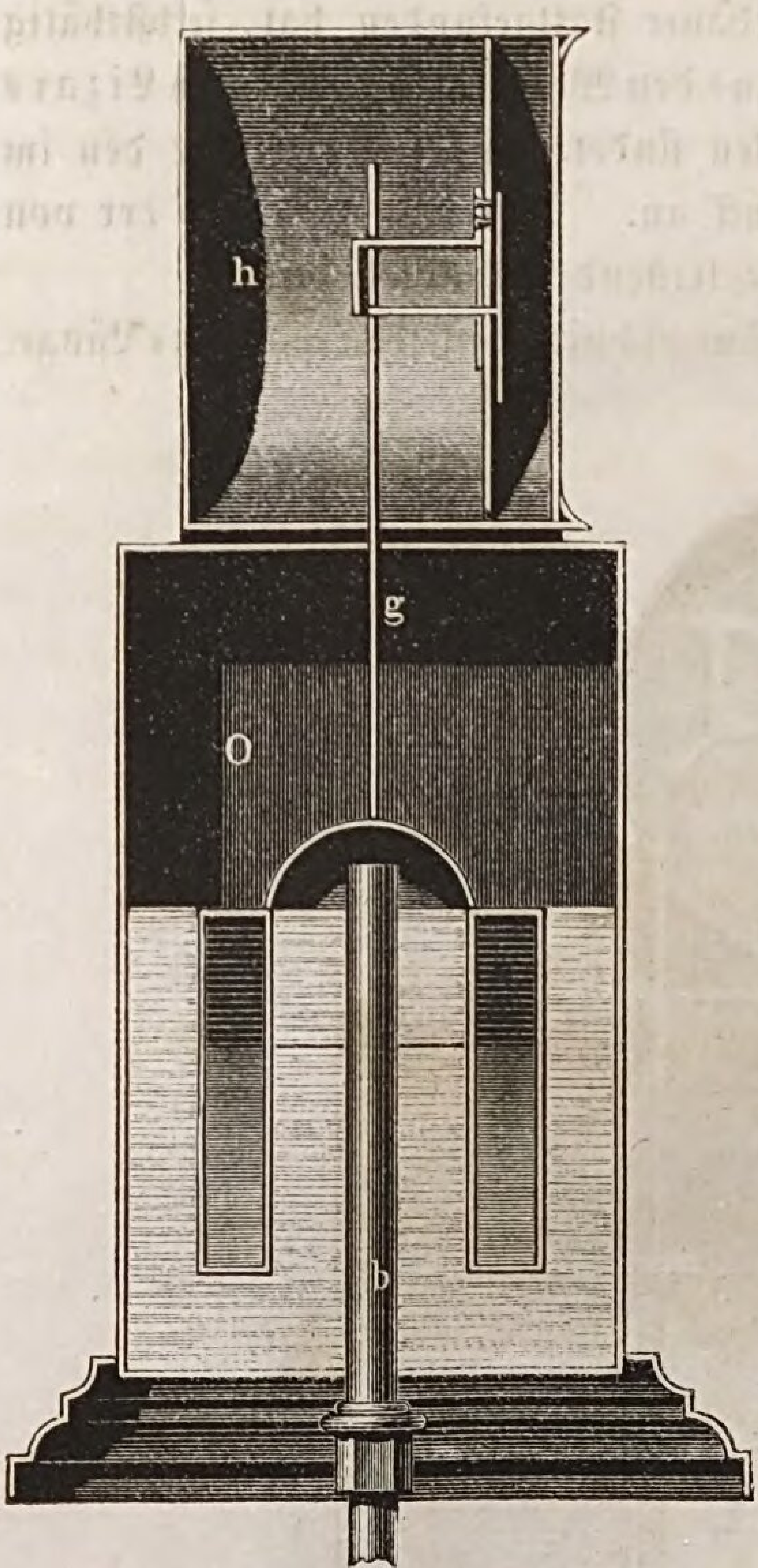
Fig. 195.



die Fig. 196 (a. f. S.) einen solchen nach der Breite. Dieser Druckmesser besteht aus einem wasserdichten Blechkasten, über welchem sich ein liegender Cylinder befindet; auch dieser ist geschlossen. Im unteren Theile ist der Schwimmer *a* angebracht, der sich um die horizontale Axe *d* dreht und drei nebeneinanderliegende Gehäuse bildet, zwei äußere, rings mit dünnen Blechwänden eingeschlossen, und ein inneres, das unten offen ist. Dies mittlere Gehäuse ist oben gewölbt, die äußeren haben flache, an den Fuß des Gewölbes horizontal anstoßende Deckel (Fig. 196). Der ganze Schwimmer ist aus Weißblech gemacht und mit Oelfarbe angestrichen. *f* ist eine Oeffnung zum Ablaufenlassen des Wassers, wenn zu viel

eingefüllt sein sollte. *b* ist das Einlaßrohr für das Gas, das ½ Zoll über die Wasserfläche und dicht unter dem Gewölbe des Schwimmers mündet, wenn dieser sich in seiner Gleichgewichtslage befindet. Auf dem Schwimmer ruht ein dünnes Eisenstäbchen *g*, das durch eine schlitzförmige Oeffnung im Deckel des Blechkastens *O* in die Trommel *h*, die auf letzterem liegt, hineinragt, und die mit einem Hebel in Verbindung steht, an welchem ein mit Zähnen besetzter Viertelkreisbogen *k* sitzt. Dieser wird beim Auf- oder Abwärtsgehen des Schwimmers und der Stange bewegt, theilt diese Bewegung einem gezahnten Rade mit, auf dessen Axe außerhalb der Blechtrommel ein Zeiger sich befindet, der den Stand des Schwimmers anzeigt. Der Druck, dem der Stand des Schwimmers entspricht und der durch den Zeiger angegeben werden soll, ist durch Versuche mittelst gleichzeitiger Anwendung von Manometern bestimmt.

Fig. 196.



150 **Die Röhrenleitung** muß vornehmlich zwei Anforderungen entsprechen. 1. Sie muß in der Stammleitung und deren Abzweigungen eine der Flammenzahl entsprechende Weite haben. 2. Dieselbe muß dicht sein, d. h. sowohl das Material der Röhren als die Verbindungsfugen zweier aneinanderstoßenden Röhren dürfen kein Gas durchlassen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein gasförmiger Körper durch eine Röhre strömt, hängt ab von dem Drucke, der auf das Gas ausgeübt wird, von dem specifischen Gewichte des Gases, von der Weite der Röhre, von der Länge derselben und von den Abweichungen, die sie von der Horizontalen nimmt. Verschiedene Praktiker haben Versuche angestellt über die Ausflußgeschwindigkeiten von Luft und verschiedenen Gasen aus Röhren von wechselnder Länge und Durchmesser. Aus solchen Versuchen, die jedoch, wie zugegeben werden muß, in größerer Anzahl vorliegen dürften, hat man allgemeine Formeln abgeleitet, um das Verhältniß der Ausflußgeschwindigkeit eines Gases zur Weite der Röhren, für verschiedene Drucke, specifische Gewichte, Steigungen oder Senkungen der Röhrenfahrt oder kurz die Veränderungen des Effects bei irgend einer Veränderung in den genannten Einflüssen zu bestimmen.

Die umfänglichsten Arbeiten sowohl an Experimenten als theoretischen Entwickelungen sind die des verdienstvollen Gasingenieurs Clegg. Wir folgen, wie fast ausnahmslos die Werke über Gasleitungsanlagen thun, den Beobachtungen

von Clegg, welchen wir die später hinzugekommenen Modificationen des englischen Ingenieurs Pole anschließen.

Hughes entwickelt die hier einschlagenden Erfahrungssätze in sehr übersichtlicher Weise, indem er von den einfachsten Fällen zu den complicirteren übergeht, und zuerst vom Ausfluß der Gase durch einfache Oeffnungen, dann von dem Ausfluß durch horizontale Röhren, endlich von dem durch geneigte Röhren handelt.

Der Ausfluß gasförmiger Körper aus einfachen Oeffnungen ergiebt sich nach derselben ersten Grundregel wie der Ausfluß des Wassers, daß nämlich die Geschwindigkeit, mit der das Gas ausströmt, proportional ist der Quadratwurzel aus dem Drucke. Die Geschwindigkeit des Ausströmens ist natürlich proportional der Menge, die in einer gegebenen Zeit ausströmt. Das aus Gasleitungsröhren ausströmende Leuchtgas steht immer unter Wasserdruck, es ist daher praktisch, diesen Satz so auszudrücken:

Die Menge des aus einer einfachen Oeffnung ausströmenden Gases ist proportional der Quadratwurzel aus der Höhe der Wassersäule, die darauf einwirkt.

H sei die Höhe der den Druck ausübenden Wassersäule in Zollen und Q die diesem Drucke entsprechende Ausflußmenge des Leuchtgases, h eine andere ebenfalls in Zollen der Wassersäule ausgedrückte Pressung, für welche q, die Menge des ausfließenden Gases, gesucht werden soll.

Dann ist $$Q : q = \sqrt{H} : \sqrt{h} \text{ oder } q = \frac{Q\sqrt{h}}{\sqrt{H}} \quad . \quad . \quad . \quad \text{(I)}$$

Die Wassersäulen von 1, 4, 9 Zoll Höhe werden also Quantitäten ausströmenden Gases von 1, 2, 3 x Kubikzoll, Kubikfuß ꝛc. entsprechen.

Der Einfluß des specifischen Gewichtes des Gases macht sich in folgender Weise geltend.

Bei gleichem Drucke verhalten sich die Mengen des aus einfachen Oeffnungen ausströmenden Gases umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihrem specifischen Gewichte.

Es sei G das specifische Gewicht eines Gases, von welchem in einer gegebenen Zeit durch eine gegebene Oeffnung und unter einem gegebenen Drucke die Menge Q ausströmt; g das specifische Gewicht eines anderen Gases, wovon die Menge, die ausströmt, unter sonst ganz gleichen Umständen gesucht werden soll, so ist

$$\sqrt{g} : \sqrt{G} = Q : q \text{ oder } q = \frac{Q \,.\, \sqrt{G}}{\sqrt{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(II)}$$

Wenn sowohl der Druck als das specifische Gewicht des Gases als constant angenommen werden, dagegen die Ausströmungsöffnungen wechseln, so sind die Mengen des ausströmenden Gases gleich den Querschnitten der Oeffnungen oder den Quadraten von deren Durchmesser. In Wirklichkeit erfährt dieser Satz, wegen der an den Wänden der Ausflußöffnung stattfindenden Reibung, eine Modification. Die Reibung ist verhältnißmäßig kleiner bei weiteren Oeffnungen, ihr Durchlassungsvermögen daher verhältnißmäßig größer als das engerer Oeffnungen. Die Prak-

tiker vernachlässigen jedoch diesen Factor gern und reduciren nicht den Durchmesser der weiteren Röhren, obschon sie geringere Reibung bieten. Ein kleiner Ueberschuß an der Weite der Röhren gleicht immerhin Unvollkommenheiten der Form und des Legens derselben aus.

Es sei nach dem Gesagten D der Durchmesser einer Ausflußöffnung, wodurch Q eine gewisse Gasmenge ausströmt, so ist, wenn d der Durchmesser einer anderen Ausflußöffnung ist, q die Menge des daraus unter sonst gleichen Umständen ausströmenden Gases:

$$Q : q = D_2 : d_2 \text{ oder } q = \frac{d^2\, Q}{D^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \text{(III)}$$

Clegg hat Versuche über Ausflußgeschwindigkeiten angestellt. Er stellt darin den Begriff »Anfangsgeschwindigkeit« auf, d. h. die Geschwindigkeit, mit der ein Gas durch eine Oeffnung ausströmt, ohne daß es vorher durch eine längere oder kürzere Röhre von gleichem Durchmesser gegangen ist. Leider sind diese Versuche weder der Zahl noch dem Maßstabe nach ganz ausreichend.

Die erste kleine Tabelle, die Clegg mittheilt, giebt die in einer Stunde ausströmenden Mengen eines Gases (von 0,420 specif. Gewicht) an, welches durch eine Oeffnung von 1/4 Zoll (engl.) Durchmesser bei einem Drucke ausströmt, der zwischen 1/2 Zoll und 5 Zoll Wassersäule wechselt. Was die Rechnung nach obigem (I) ergäbe, ist in der dritten Columne beigefügt; man sieht, daß Rechnung und Experiment sich ziemlich nahe aneinander anschließen.

Druck in Zoll Wassersäule	Gefundene Menge des ausströmenden Gases in Kubikfuß.	Berechnete Menge des ausströmenden Gases in Kubikfuß.
1/2″	80	—
1	113	111,7
2	160,5	160
3	195	193,1
4	226	226,2
5	253	253

Eine andere Versuchsreihe, die Clegg mit Gas, das ebenfalls eine Dichtigkeit von 0,420 hat, angestellt, handelt von der Menge ausfließenden Gases bei einem constanten Drucke von 1/2 Zoll, aber wechselnder Weite der Ausflußöffnungen.

Durchmesser der Oeffnung in Zoll.	Gefundene Menge des ausströmenden Gases in Kubikfuß.	Berechnete Menge des ausströmenden Gases in Kubikfuß.
0,25	80	—
0,50	321	320
0,75	723	720
1,00	1287	1280
1,125	1625	1620
1,250	2010	2000
1,50	2885	2880
6,00	46150	46080

Weil mit der Weite der Oeffnung die Reibung verhältnißmäßig geringer wird, ergiebt sich ein Ueberschuß der gefundenen über die berechnete Menge ausströmenden Gases.

Wenn wir nun, auf die Clegg'schen Versuche fußend, die drei Factoren, um die sie sich drehen, nämlich den Druck, die Weite der Oeffnung und das specifische Gewicht verändern und einen um den anderen einführen, so können wir die Ausflußmenge des Gases bei jedem specifischen Gewichte, jedem beliebigen Drucke und für jede Weite der Ausflußöffnung finden, wie folgendes Beispiel zeigen wird.

Wir haben im ersten Clegg'schen Versuche Gas von 0,42 specif. Gewicht; eine Oeffnung von 0,25 Zoll Durchmesser, einen Druck von 0,5 Zoll und diesem entspricht die Ausflußmenge von 80 Kubikfuß.

Es sei nun das specifische Gewicht = 0,5, der Oeffnungsdurchmesser = 4 Zoll, die drückende Wassersäule = 2,5 Zoll. Wie groß ist die Ausflußmenge pro Stunde?

Wir haben nach II:

$$q = \frac{80 \,.\, \sqrt{0,420}}{\sqrt{0,500}} = \frac{51,84}{0,707} = 73,3 \text{ Kubikfuß},$$

und nach III:

$$q = \frac{4^2 \,.\, 73,3}{0,25^2} = \frac{1172,8}{0,0625} = 18765 \text{ Kubikfuß},$$

und nach I:

$$q = \frac{\sqrt{2,5} \,.\, 18765}{\sqrt{0,5}} = \frac{29649}{0,707} = 41936 \text{ Kubikfuß}.$$

Bei allen vorhergehenden Betrachtungen und Versuchen sind noch die Längen der Röhren nicht in Anschlag gebracht, durch welche das Gas strömt, oder vielmehr, es ist bisher nur von Oeffnungen in Wänden und nicht von röhrenförmigen Abflußcanälen die Rede gewesen.

Die Versuche, die Clegg hierüber anstellte, erstrecken sich auf sechs Experimente mit 6 Zoll weiten Röhren und bis zu einer Länge von 34 Yards, bei einem Drucke von $1/_2$ Zoll Wassersäule. Aus diesen Versuchen folgert er, daß für gleiche Zeiten, bei gleichem Druck, gleicher Röhrenweite und gleicher Dichtigkeit des Gases die ausströmenden Mengen des letzteren sich umgekehrt verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Röhre. Dies gilt jedoch nur so lange die Leitung horizontal liegt.

Clegg fand für eine 3,46 Yard lange Röhre (Druck, specifisches Gewicht und Weite wie oben angegeben) eine Ausflußmenge von 44280 Kubikfuß. Ist nun L bei sonst gleichen Umständen die Länge einer anderen Röhre, so ist die Ausflußmenge aus dieser q

$$\sqrt{L} : \sqrt{3{,}46} = 44280 : q \text{ oder } q = \frac{44280 \;.\; \sqrt{3{,}46}}{\sqrt{L}}.$$

Wenn wir aber das Product in dem Zähler der letzteren Gleichung $= P$ setzen, so ist

$$q = \frac{P}{\sqrt{L}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(IV)}$$

In unserem Falle ist aber P (das Product von 44280 mit $\sqrt{3{,}46}$) $= 82361$.

Man kann nun vermöge der Gleichung III finden, wie sich die Ausflußmenge aus einer Röhre verhält, die nicht nur eine andere Länge, sondern auch einen anderen Durchmesser hat. Es sei letzterer $= D$, so ist:

$$q = \frac{D^2 \;.\; 82361}{6^2 . \sqrt{L}} = \frac{2288 \;.\; D^2}{\sqrt{L}}.$$

Wenn für Gas von einem anderen specifischen Gewichte (dies sei z. B $= g$) die Ausflußmenge gesucht werden soll, so ist:

$$Q = \frac{2288 \;.\; D^2 \;.\; \sqrt{0{,}420} \;.\; H}{\sqrt{0{,}5}\; L \;.\; g} = 2288\, D^2 \sqrt{0{,}84} \sqrt{\frac{H}{L \;.\; g}}$$

oder

$$Q = 2096 \;.\; D^2 \sqrt{\frac{H}{L \;.\; g}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(V)}$$

Aus dieser Gleichung leitet sich der Werth von D ab. Es ist:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{2096 \sqrt{\frac{H}{L \;.\; g}}}}.$$

Die Gleichung V ist also aus einem einzigen Falle, d. h. aus Versuchen mit Röhren von 6 Zoll Weite und bei $1/_2$ Zoll Druck, ferner mit Gas von 0,42 specif. Gewicht abgeleitet. Nichtsdestoweniger benutzt Clegg diese Formel zur Berechnung großer Tafeln, die von den meisten Gasingenieuren gebraucht werden, und die sich unten mitgetheilt finden.

Es muß jedoch zu diesen Tabellen bemerkt werden, daß sie für kleinere Durchmesser der Röhren, z. B. solche unter $1/_2$ Zoll ein zu großes, und bei sehr

weiten Röhren, von z. B. 26 Zoll ein bei Weitem zu kleines Ausflußquantum angeben.

Dimensionen unter $1/2$ Zoll sowie über 26 Zoll Weite sind indessen selten vorkommend, so daß die Clegg'schen Tabellen dem Bedürfniß des Praktikers hinreichend entsprechen mögen.

Es sind noch Versuche von Pole angestellt worden, in welchen sowohl die Röhrenweite als der Druck und das specifische Gewicht des Gases wechselnd genommen sind. Die Resultate stimmen allerdings nicht genau mit den Clegg'schen Tabellen, und es lohnt deshalb wohl der Mühe, nach einer Formel zu suchen, die wirklich den allgemeinen Ausdruck enthält.

Zerlegt man die Formel V: $Q = 2096 \,.\, D^2 \sqrt{\frac{H}{L \,.\, g}}$ in der Weise, daß $D^2 \sqrt{\frac{H}{L \,.\, g}} = A$ gesetzt, der Coefficient 2096 aber als variabel $= x$ genommen wird, und soll der Werth von x aus noch anderen Experimenten gesucht werden, so kann dies geschehen, weil

$$x = \frac{Q}{D^2 \sqrt{\frac{H}{L \,.\, g}}} \qquad x = \frac{Q \sqrt{L \,.\, g}}{D^2 \sqrt{H}}$$

wenn Q, L, g, D und H durch das Experiment gegeben sind.

Nun findet man, daß bei Röhren von $1/2$ Zoll Weite x im Mittel $=$ 952
Bei den Clegg'schen Versuchen (siehe oben) . . . . $=$ 2096
Nach Versuchen mit Röhren von 26 Zoll Weite . . . . $=$ 6806
ist. Dies sind also drei außerordentlich abweichende Werthe.

Es ist der Coefficient x, der für Röhren von 26 Zoll Weite gefunden wurde, ungefähr siebenmal größer als der für Röhren von $1/2$ Zoll Weite.

$$7 \times 952 = 6464.$$

Es fließt also durch eine Röhre von 26 Zoll Durchmesser durch denselben Querschnitt siebenmal so viel Gas aus als bei Röhren von $1/2$ Zoll Durchmesser.

Dies erklärt sich aus der im letzteren Falle sehr vermehrten Reibung. Es entspricht dies Verhältniß nahezu dem Verhältniß der Quadratwurzeln aus den Durchmessern.

Es ist nämlich $\qquad 952 : 6806 = \sqrt{0{,}5} : 5{,}055,$

während $\qquad \sqrt{26} = 5{,}099$ ist.

Man kann daher sagen, es wachsen die Ausflußmengen proportional den Quadratwurzeln aus den Röhrendurchmessern.

Ist dies richtig und halten wir uns an die Versuche mit den 26zölligen Röhren, bei welchen der Coefficient $x = 6806$ gefunden wurde, so muß dieser durch die Quadratwurzel aus dem Röhrendurchmesser dividirt werden, um den neuen richtigen Coefficienten zu erhalten. Dieser ist also

$$\frac{6806}{\sqrt{26}} = \frac{6806}{5{,}099} = 1335,$$

und die Formel wäre

$$1335 \,.\, D^2 \sqrt{\frac{H \,.\, D}{L \,.\, g}} = Q.$$

Diese Formel ist die von Hughes aufgestellte; sie weicht nicht sehr ab von derjenigen, die Pole giebt und welche ist:

$$1350 \,.\, D^2 \sqrt{\frac{H \,.\, D}{L \,.\, g}}.$$

Ueber den Gebrauch und zugleich über die Brauchbarkeit der Formel ein Beispiel.

Es sei $D = 18''$, $L = 1760'$, $H = 1''$ und $g = 0{,}4$, dann ist

$$q = 1335 \,.\, 18^2 \sqrt{\frac{1 \,.\, 18}{1760 \,.\, 0{,}4}} = 1335 \,.\, 324 \times \frac{4{,}24}{26{,}533} = 67522.$$

Es ist durch den Versuch aber 66000 Kubikfuß Gas als die stündlich ausströmende Menge gefunden worden.

Ueber den Einfluß des Steigens oder Fallens der Röhrenfahrt sind so viel wie keine Versuche vorhanden. Alles, was man hat, sind Schätzungen erfahrener Praktiker. Die Regel, welche hier angenommen wird, ist folgende: Es mindert sich der Druck auf das Gas für je einen Fuß Senkung der Leitung um $^1/_{100}$ Zoll, und mehrt sich um $^1/_{100}$ Zoll für je einen Fuß Steigung der Röhrenfahrt. Es sei also an einem gegebenen Punkte der Druck auf das Gas z. B. = 1 Zoll, die Röhrenfahrt steige aber von diesem Punkte aus um 10 Fuß, so nimmt der Druck um 0,1 Zoll zu, ist also 1,1″.

Mitten in oder am Ende einer längeren Röhrenfahrt ist der Druck nicht der gleiche, der beim Eintritt des Gases in die Röhre stattfand, er vermindert sich. Es sind jedoch keine hinlänglich genauen Versuche vorhanden, welche Anhaltepunkte hierüber zu geben vermöchten; einige Angaben, die man über dies Verhältniß hat, widersprechen sich ziemlich stark.

Die Clegg'schen Tafeln sind die folgenden.

Ausflu menge eines Gases von 0,42 specif. Gewicht in Kubikfuß pro Stunde und bei einem Drucke von einem Zoll Wassersäule.

Länge der Röhren in Yards *).	Durchmesser der Röhren in Zoll.														
	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XII.	XIV.	XVI.	XVIII.	XX.	XXII.	XXIV.
20	2291	7253														
30	2149	5941	12160	21262												
40	1859	5127	11340	18192	28965											
50	1666	4580	9417	16367	25758	38168	53308									
100	1177	3244	6652	11643	18322	26989	37670	50519	65475							
150	961	2653	5421	9483	14968	21027	30758	41334	53970	84758	124362					
200	833	2284	4708	8209	12976	19051	26611	35757	46575	73288	107950	150681	201986			
250	745	3053	4212	7357	11566	17066	23846	32367	42580	65703	96579	134774	179252	235440	300564	
300	679	1871	3844	6716	10594	15479	21686	29196	37935	59875	88111	123033	164899	214920	272467	392418
400	589	1654	3326	5804	9136	13594	18576	25259	32845	51904	76204	106464	139530	186840	235877	344050
500	529	1433	2980	5129	8164	12039	16848	22526	29430	46461	68266	95785	127714	164700	211048	308458
600	480	1324	2721	4725	7481	10970	15292	20557	26865	43379	62181	87145	116785	151740	192753	281080
700	442	1227	2505	4307	6901	10187	14169	19026	24840	39288	67682	80924	108037	140400	177071	260091
800	—	1142	2354	4083	6463	9526	13305	17824	23220	36547	53978	75740	101039	131220	166617	243664
900	—	1081	2203	3847	6075	8996	12268	16839	21870	34599	50803	71248	95653	124200	158122	228062
1000	—	1020	2095	3678	5783	8533	11836	15965	20790	32853	48157	67382	90541	117720	148975	218111
1760	—	—	1576	2767	4374	6416	8985	12137	17010	24688	36205	50803	68234	88560	112284	164268
2640	—	—	1296	2261	3547	5225	7257	9841	12690	20217	29635	41512	55549	72360	91476	134152
3520	—	—	1123	1957	3013	4498	6307	8529	11070	17526	25686	35942	48114	62640	79061	115900
5280	—	—	—	—	2527	3704	5184	6889	9040	14191	20905	28030	39366	50760	64680	94910
7040	—	—	—	—	—	3175	4496	6014	7836	12247	17992	25228	34117	44280	55892	82134
8800	—	—	—	—	—	—	—	5358	7020	10886	16140	22464	29305	39420	50311	73008
10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10303	15081	21082	28431	36720	47044	68445

*) Der englische Yard oder die Elle = 3 Fuß englisch = 91,438 Centimeter, der englische Fuß also = 30,479 Centimeter.

Die folgenden Tabellen sind von Barlow entworfen.

Röhrendurchmesser = 0,5 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	10	20	30	50	75	100	150
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	37,7	26,7	21,7	16,8	13,8	11,9	9,7
» » 0,2 »	53,4	37,7	30,6	23,8	19,5	16,8	13,8
» » 0,3 »	65,2	46,3	37,7	29,1	23,8	20,7	16,8
» » 0,4 »	—	—	—	33,7	27,5	23,8	19,5
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	26,7	21,7

Röhrendurchmesser = 0,75 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	10	20	30	50	75	100	150
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	104,3	73,8	60,0	46,6	37,9	32,9	26,9
» » 0,2 »	147,5	104,3	84,9	65,8	53,7	46,6	37,9
» » 0,3 »	—	—	104,3	80,9	65,8	57,0	46,6
» » 0,4 »	—	—	—	93,2	75,9	65,8	53,8
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	73,8	60,0

Röhrendurchmesser = 1 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	10	20	30	50	75	100	150
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	214	151	124	95	78	67	55
» » 0,2 »	302	214	175	135	110	95	78
» » 0,3 »	—	—	214	165	135	117	95
» » 0,4 »	—	—	—	190	156	135	110
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	151	123

Röhrendurchmesser = 1,25 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	25	50	75	100	150	200	300
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	236	167	137	118	96	84	68
» » 0,2 »	333	236	192	167	137	118	96
» » 0,3 »	—	289	236	205	167	144	118
» » 0,4 »	—	—	—	236	192	167	137
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	187	152

Röhrendurchmesser = 1,5 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	25	50	75	100	150	200	300
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	374	264	215	187	152	132	107
» » 0,2 »	528	374	304	264	215	187	152
» » 0,3 »	—	458	374	322	264	229	187
» » 0,4 »	—	—	—	374	304	264	215
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	295	239

Röhrendurchmesser = 2 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	50	75	100	150	200	300	500
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	540	441	381	311	270	220	170
» » 0,2 »	763	623	540	441	381	331	241
» » 0,3 »	—	763	665	540	468	381	296
» » 0,4 »	—	—	—	623	540	441	341
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	492	381

Röhrendurchmesser = 2,5 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	50	75	100	150	200	300	500
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	943	770	667	545	471	335	298
» » 0,2 »	1335	1090	943	770	667	545	421
» » 0,3 »	—	1335	1172	943	819	667	516
» » 0,4 »	—	—	—	1090	943	770	596
» » 0,5 »	—	—	—	—	—	861	667
» » 0,6 »	—	—	—	—	—	—	731

Röhrendurchmesser = 3 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	100	150	250	500	750	1000	1250
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	1054	859	666	471	384	333	298
» » 0,2 »	1440	1214	942	666	543	471	375
» » 0,3 »	—	1487	1153	815	666	576	529
» » 0,4 »	—	—	1332	942	768	666	596
» » 0,5 »	—	—	—	1054	859	744	666
» » 0,6 »	—	—	—	—	942	815	739
» » 0,8 »	—	—	—	—	—	942	845
» » 1,0 »	—	—	—	—	—	—	942

Röhrendurchmesser = 4 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	100	250	500	750	1000	1250	1500
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	2160	1366	966	788	683	611	557
» » 0,2 »	3054	1932	1366	1114	966	864	788
» » 0,3 »	—	2366	1673	1366	1183	1058	966
» » 0,4 »	—	—	1932	1576	1366	1222	1114
» » 0,5 »	—	—	—	1761	1526	1366	1245
» » 0,6 »	—	—	—	1932	1672	1496	1366
» » 0,8 »	—	—	—	—	1932	1728	1576
» » 1,0 »	—	—	—	—	—	1932	1761
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	—	2160

Röhrendurchmesser = 5 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	100	250	500	750	1000	1250	1500
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	3540	2245	1587	1296	1122	1000	910
» » 0,2 »	5005	3174	2245	1832	1587	1414	1296
» » 0,3 »	—	2888	2748	2245	1943	1732	1575
» » 0,4 »	—	—	3174	2592	2245	2000	1820
» » 0,5 »	—	—	—	2888	2508	2236	1934
» » 0,6 »	—	—	—	3174	2748	2449	2245
» » 0,8 »	—	—	—	—	3174	2828	2596
» » 1,0 »	—	—	—	—	—	3174	2817
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	—	3540

Röhrendurchmesser = 6 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	3770	2660	2170	1880	1680	1530	1420
» » 0,2 »	5320	3770	3130	2660	2370	2170	2010
» » 0,3 »	6520	4620	3770	3270	2920	2660	2460
» » 0,4 »	7540	5320	4340	3770	3360	3060	2840
» » 0,5 »	—	5970	4860	4210	3770	3430	3180
» » 0,6 »	—	—	5320	4620	4130	3770	3460
» » 0,8 »	—	—	—	5320	4740	4340	4020
» » 1,0 »	—	—	—	—	5320	4860	4500
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	5970	5500
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	—	6360

Röhrendurchmesser = 7 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	5560	3920	3200	2780	2470	2270	2100
» » 0,2 »	7840	5560	4510	3920	3500	3200	2960
» » 0,3 »	9600	6800	5560	4800	4300	3920	3640
» » 0,4 »	11120	7840	6400	5560	4940	4540	4200
» » 0,5 »	—	8750	7180	6200	5560	5060	4680
» » 0,6 »	—	—	7840	6800	6080	5560	5130
» » 0,8 »	—	—	—	7840	7020	6400	5930
» » 1,0 »	—	—	—	—	7840	7180	6610
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	8750	8120
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	—	9360

Röhrendurchmesser = 8 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	7760	5470	4470	3880	3460	3160	2920
» » 0,2 »	10940	7760	6310	5470	4880	4470	4130
» » 0,3 »	13400	9450	7760	6700	5980	5470	5050
» » 0,4 »	15520	10940	8940	7760	6920	6320	5840
» » 0,5 »	—	12200	9900	8640	7760	7020	6520
» » 0,6 »	—	—	10940	9450	8480	7760	7150
» » 0,8 »	—	—	—	10940	9780	8940	6260
» » 1,0 »	—	—	—	—	10940	9900	9237
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	12200	11300
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	—	13040

Röhrendurchmesser = 9 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	10400	7380	6350	5200	4650	4250	3950
» » 0,2 »	14760	10400	8500	7380	6480	6000	5620
» » 0,3 »	18000	12780	10400	9000	8300	7380	6800
» » 0,4 »	20800	14760	12700	10400	9300	8500	7900
» » 0,5 »	—	16500	13420	11900	10400	9680	8800
» » 0,6 »	—	—	14760	12780	11400	10400	9650
» » 0,8 »	—	—	—	14760	13100	12000	11050
» » 1,0 »	—	—	—	—	14760	13420	12380
» » 1,5 »	—	—	—	—	—	16500	15200
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	—	17600

Röhrendurchmesser = 10 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	9560	7800	6750	6050	5520	5100	4780
» » 0,2 »	13500	11040	9560	8520	7800	7300	6750
» » 0,3 »	16500	13500	11700	10520	9560	8850	8250
» » 0,4 »	19120	15600	13500	12100	11040	10200	9560
» » 0,5 »	21300	17400	15050	13500	12380	11400	10650
» » 0,6 »	—	19120	16500	14800	13500	12500	11650
» » 0,8 »	—	—	19120	17050	15600	14400	13500
» » 1,0 »	—	—	—	19120	17400	16150	15050
» » 1,5 »	—	—	—	—	21300	19600	18500
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	22800	21300

Röhrendurchmesser = 12 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	15100	12300	10700	9550	8700	8050	7550
» » 0,2 »	21400	17400	15100	13450	12300	11350	10700
» » 0,3 »	26100	21400	19500	16500	15100	10050	13050
» » 0,4 »	30200	24600	21400	19100	17400	16100	15100
» » 0,5 »	33600	27500	23800	21400	19440	18050	16800
» » 0,6 »	—	30200	26100	23300	21400	19800	19500
» » 0,8 »	—	—	30200	26900	24600	22700	21400
» » 1,0 »	—	—	—	30200	27500	25450	23800
» » 1,5 »	—	—	—	—	33600	31250	29250
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	36100	33600

Röhrendurchmesser = 14 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	22100	18100	15600	13950	12750	11800	11050
» » 0,2 »	31200	25500	22100	19800	18100	16700	15600
» » 0,3 »	38400	31200	27100	24250	22100	20500	19200
» » 0,4 »	44200	36200	31200	27900	25500	23600	22100
» » 0,5 »	49400	40400	35000	31200	28500	26460	24700
» » 0,6 »	—	44200	38400	34300	31200	28900	27100
» » 0,8 »	—	—	44200	39600	36200	33400	31200
» » 1,0 »	—	—	—	44200	40400	37300	35000
» » 1,5 »	—	—	—	—	49400	45700	42600
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	52920	49400

Röhrendurchmesser = 15 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	26300	21400	18600	16600	15200	14000	13150
» » 0,2 »	37200	30400	26300	23500	21400	19900	18600
» » 0,3 »	45500	37200	32250	28750	26300	24300	22750
» » 0,4 »	52600	42800	37200	33200	30400	28000	26300
» » 0,5 »	58700	48000	41600	37200	34000	31400	29350
» » 0,6 »	—	52600	45500	40700	37200	34450	32250
» » 0,8 »	—	—	52600	47000	42800	39800	37200
» » 1,0 »	—	—	—	52600	48000	44000	41600
» » 1,5 »	—	—	—	—	58700	54300	50800
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	62800	58700

Röhrendurchmesser = 16 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	31000	25250	21850	19550	17850	16550	15500
» » 0,2 »	43700	35700	31000	27700	25250	23400	21850
» » 0,3 »	53600	43700	38100	34000	31000	28700	26800
» » 0,4 »	62000	50500	43700	39100	35700	33100	31000
» » 0,5 »	69120	56600	49000	43700	39900	37150	34560
» » 0,6 »	—	62000	53600	47900	43700	38100	40700
» » 0,8 »	—	—	62000	55400	50500	46800	43700
» » 1,0 »	—	—	—	62000	56600	52400	49000
» » 1,5 »	—	—	—	—	69120	63900	60100
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	74300	69120

Röhrendurchmesser = 18 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	41400	33800	29400	23900	20700	18400	16900
» » 0,2 »	58800	47800	41400	33800	29400	26200	23900
» » 0,3 »	71800	58800	50800	41400	35900	32100	29400
» » 0,4 »	82800	67600	58800	47800	41400	36800	33800
» » 0,5 »	92600	75700	56500	53500	46300	41400	37850
» » 0,6 »	—	82800	71800	58800	50800	45400	41400
» » 0,8 »	—	—	82800	67600	58800	52300	33800
» » 1,0 »	—	—	—	75700	65600	58800	53500
» » 1,5 »	—	—	—	—	80000	71800	65600
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	82800	75700
» » 2,5 »	—	—	—	—	—	—	84500

Röhrendurchmesser = 20 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	54000	44000	38250	31200	27000	24200	22000
» » 0,2 »	76500	62400	54000	44000	38250	34200	31200
» » 0,3 »	93500	76500	66100	54000	46750	41800	38250
» » 0,4 »	108000	88000	76500	62400	54000	48400	44000
» » 0,5 »	120500	98800	85300	69800	62250	54000	49400
» » 0,6 »	—	108000	93500	76500	66100	59100	54000
» » 0,8 »	—	—	108000	88000	76500	68400	62400
» » 1,0 »	—	—	—	98800	85300	76500	69800
» » 1,5 »	—	—	—	—	102300	93500	85300
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	108000	98800
» » 2,5 »	—	—	—	—	—	—	110200

Röhrendurchmesser = 22 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	68600	56000	48400	39600	34300	30700	28000
» » 0,2 »	96800	79200	68600	56000	48400	43400	39600
» » 0,3 »	118800	96800	84000	68600	59400	53300	48400
» » 0,4 »	137200	112000	96800	79200	68600	61400	56000
» » 0,5 »	153500	122500	108200	88600	76800	68400	61200
» » 0,6 »	—	137200	118800	96800	84000	75000	68600
» » 0,8 »	—	—	137200	112000	96800	86500	79200
» » 1,0 »	—	—	—	122500	108200	96800	88600
» » 1,5 »	—	—	—	—	132000	118800	108200
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	137200	122500
» » 2,5 »	—	—	—	—	—	—	140000

Röhrendurchmesser = 24 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	84000	68600	59500	48500	42000	37500	34300
» » 0,2 »	119000	97000	84000	68600	59500	53400	48500
» » 0,3 »	145500	119000	103000	84000	72700	65200	59500
» » 0,4 »	168000	137200	119000	97000	84000	75000	68600
» » 0,5 »	187500	155000	135600	108600	93800	84000	77500
» » 0,6 »	—	168000	145000	119000	103000	92000	84000
» » 0,8 »	—	—	168000	137200	119000	106000	97000
» » 1,0 »	—	—	—	155000	135600	119000	108600
» » 1,5 »	—	—	—	—	163000	145500	135600
» » 2,0 »	—	—	—	—	—	168000	155000
» » 2,5 »	—	—	—	—	—	—	172000

Röhrendurchmesser = 26 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	750	1000	1500	2000	2500	3000	4000
Ausflußmenge bei 0,1″ Druck	85000	73500	60000	52000	46500	42500	36750
» » 0,2 »	120000	104000	85000	73500	65800	60000	52000
» » 0,3 »	147000	127000	104000	90000	80600	73500	63500
» » 0,4 »	170000	147000	120000	104000	93000	85000	73500
» » 0,5 »	189000	165000	134000	116000	104000	94500	82500
» » 0,6 »	208000	180000	147000	127000	114000	104000	90000
» » 0,8 »	—	208000	170000	147000	132000	120000	104000
» » 1,0 »	—	—	189000	165000	147000	134000	116000
» » 1,5 »	—	—	—	201000	180000	165000	142000
» » 2,0 »	—	—	—	—	208000	189000	165000
» » 2,5 »	—	—	—	—	—	213000	184000
» » 3,0 »	—	—	—	—	—	—	201000

Röhrendurchmesser = 28 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
Ausflußmenge bei 0,5″ Druck	198000	161000	140000	125000	114500	99000	88600
» » 1,0 »	280000	229000	198000	177000	161000	140000	125000
» » 1.5 »	—	280000	241000	216000	198000	171000	153500
» » 2,0 »	—	—	280000	250000	229000	198000	177200
» » 2,5 »	—	—	—	280000	255000	222000	198000
» » 3,0 »	—	—	—	—	280000	241000	216000

Röhrendurchmesser = 30 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	1000	2000	3000	4000	5000	7500	10000
Ausflußmenge bei 0,5″ Druck	234000	166000	135000	117000	105000	86000	74500
» » 1,0 «	332000	234000	192000	166000	149000	121500	105000
» » 1,5 »	—	287000	234000	203000	182000	149000	128500
» » 2,0 »	—	—	270000	234000	210000	172000	149000
» » 2,5 »	—	—	—	263000	234000	192000	166000
» » 3,0 »	—	—	—	—	257000	210000	182000
» » 4,0 »	—	—	—	—	—	243000	210000

Röhrendurchmesser = 36 Zoll.

Röhrenlänge in Yards . . .	1000	2000	3000	4000	5000	7500	10000
Ausflußmenge bei 1,0″ Druck	530000	372000	303000	265000	234000	192000	166000
» » 1,5 »	—	456000	372000	322000	288000	234000	204000
» » 2,0 »	—	—	428000	372000	332000	271000	234000
» » 2,5 »	—	—	—	416000	372000	303000	265000
» » 3,0 »	—	—	—	—	407000	332000	288000
» » 4,0 »	—	—	—	—	—	384000	332000

Mittelst der obigen Formeln oder der Clegg'schen Tabellen läßt sich für jeden einzelnen Fall die Menge des Gases bestimmen, welches durch eine Leitung durchgelassen wird, und umgekehrt kann daraus berechnet werden, wie weit die Stammleitungsröhre und die Zweigleitungen sein müssen, die für einen gewissen Gasconsum anzulegen sind.

Es schließen sich hier einige praktische Regeln an, die Bezug auf die Röhrenweite haben.

1. Es sind an Stellen, wo Verzweigungen einer Hauptstraßenleitung in Seitenleitungen stattfinden, die Querschnitte der letzteren in Summe etwas größer zu nehmen als der Querschnitt der Hauptleitung. Diese Regel ergiebt sich zwar schon aus den obigen Formeln und Tafeln, da in diesen Rücksicht genommen ist auf die Reibung, welche durch engere Röhren ziemlich vermehrt ist.

2. Man thut gut, die Abzweigungen, die von der Straßenröhre aus in die Häuser führen, etwas weiter zu wählen als die Formeln angeben, da für sie, namentlich an den Stellen, wo sie vertical aufsteigen, Gefahr vor Verstopfung (durch krystallisirendes Naphtalin) vorhanden ist. Es wird empfohlen, die Zuleitungsröhren zu den Straßenlaternen nicht enger als $^{3}/_{4}$ Zoll zu machen, den Zuleitungen zu den Häusern aber mindestens eine Weite von 1 Zoll zu geben. Diese Weite reicht hin für 20 Flammen. Kann man die Umbiegung der Zweigröhre in die verticale Richtung im Innern des Gebäudes anbringen, so ist dies dem Aufwärtsführen der Röhre an der Mauer (oder $^{1}/_{2}$ bis 1 Zoll tief in dieselbe eingelassen) vorzuziehen, da man auf erstere Weise mehr Schutz hat gegen Einfrieren oder Naphtalinabsatz.

3. In nahem Zusammenhange mit der ungehinderten Strömung des Gases steht die Beseitigung von Feuchtigkeitsansammlungen in demselben. Da, wo eine tiefe Stelle in einer Leitung ist (ein Sack), wird Condensationswasser und Theer, oder möglicherweise von außen eingedrungene Feuchtigkeit zusammenlaufen. Es ist daher an allen derartigen Stellen ein Wassersammler oder Siphon anzubringen. Dieser ist ein gußeisernes cylindrisches Gefäß mit gut schließendem Deckel, von ungefähr der doppelten Weite der anstoßenden Röhren und doppelt so tief als weit. Im oberen Theile desselben, nahe unter dem Deckel, münden einander gegenüber die Gasröhren in an dem Gefäß angegossenen Muffen. In der Mitte des Deckels befindet sich eine verticale Röhre von Eisen, die innen bis beinahe zum Boden des Siphon, außen aber über denselben bis nahe zur Straßebene reicht. Dieser äußere Theil ist durch einen kleinen gut bedeckten Schacht geschützt. Die Entfernung des angesammelten Wassers geschieht durch dieses Rohr mittelst einer aufzuschraubenden Pumpe.

Aehnliche Wassersammler sind in den Hausleitungsröhren, nur in kleinem Maßstabe, anzubringen. Gewöhnlich befinden sie sich an einer tiefen Stelle und bestehen aus einem senkrecht herabgehenden, etwas heberartig gebogenen Rohre, dessen kürzerer Schenkel mit einem Hähnchen oder einem Schraubendeckel zum Ablassen des Wassers versehen ist.

151 Zur Regulirung des Gasstromes in den Leitungsröhren bedarf man ferner Vorrichtungen zur beliebigen Verengerung eines Röhrenstranges. Hierzu dienen am häufigsten und wohl auch am zweckmäßigsten Schieberventile. Es sind dies dieselben Vorrichtungen, die auch zum völligen Abschluß eines Leitungscanals gebraucht werden, z. B. beim Wechseln der Reiniger, beim Füllen und Entleeren der

Gassammler u. s. w. (siehe oben Gasbehälter). In Fig. 197 und 198 sind zwei auf einander senkrechte verticale Durchschnitte durch ein Schieberventil und sein Gehäuse abgebildet. *a* ist der Schieber, *b* eine Schraube, oben in einen vier-

Fig. 197.

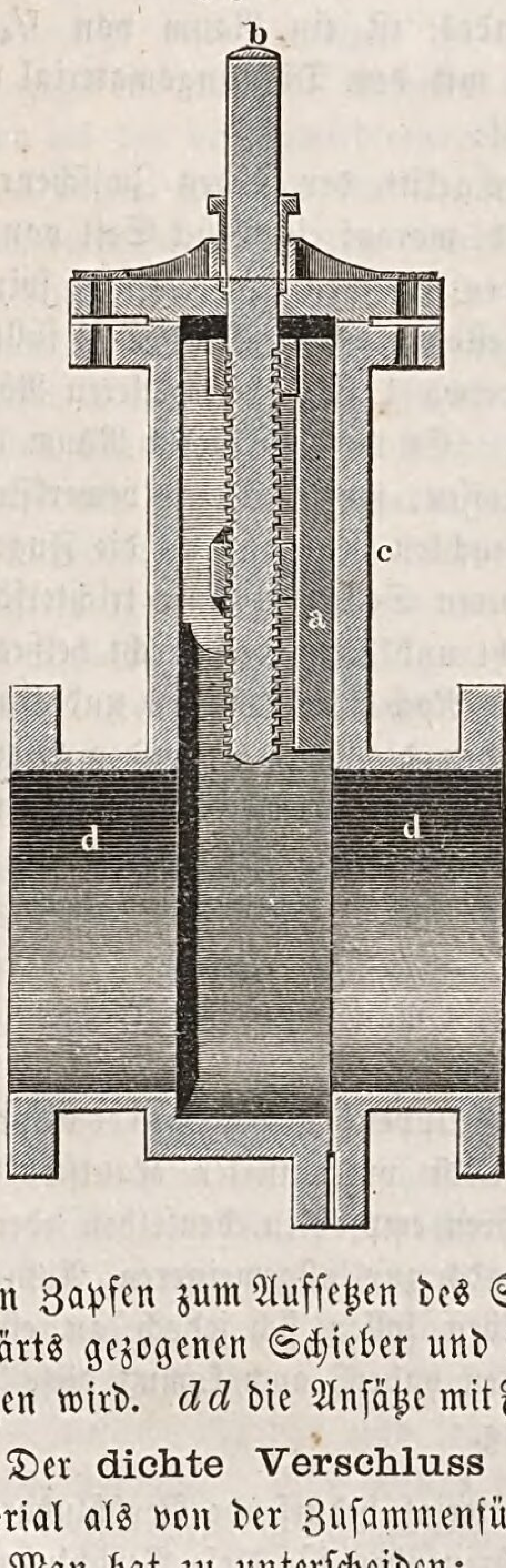
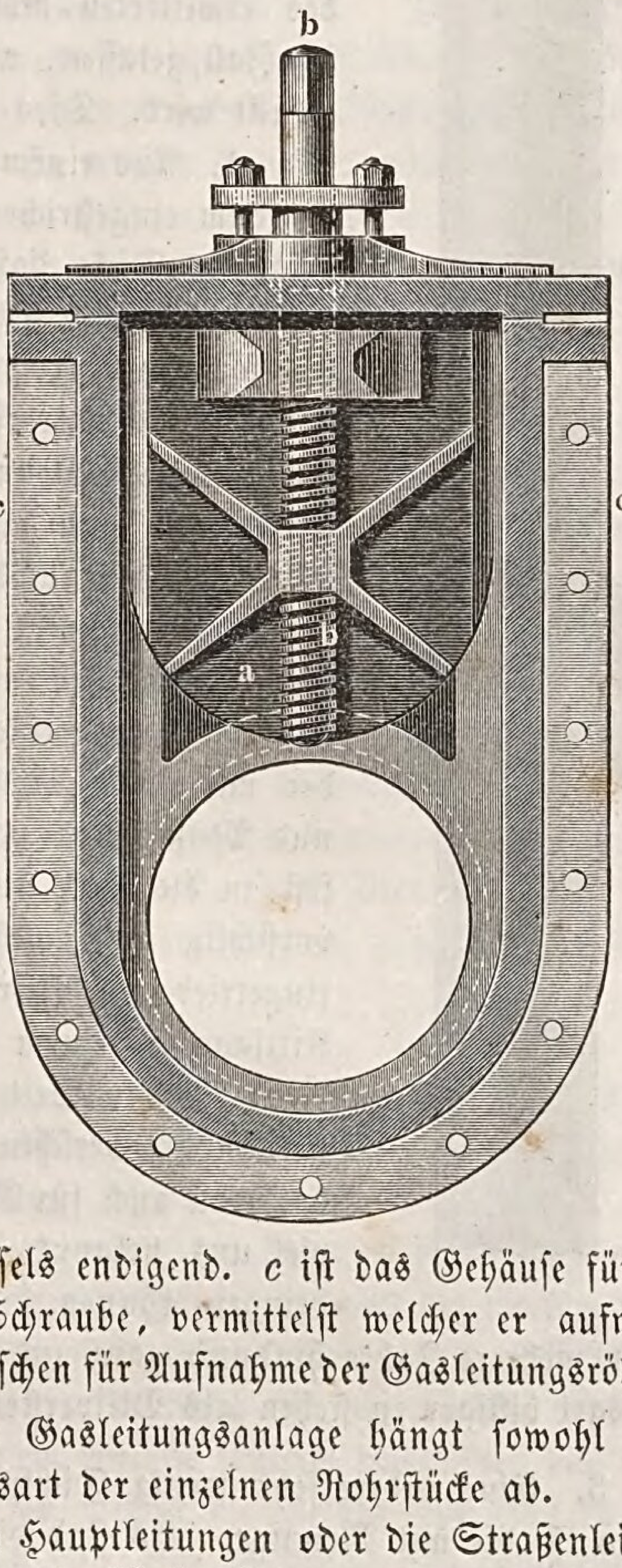


Fig. 198.



eckigen Zapfen zum Aufsetzen des Schlüssels endigend. *c* ist das Gehäuse für den aufwärts gezogenen Schieber und die Schraube, vermittelst welcher er aufwärts gezogen wird. *dd* die Ansätze mit Flantschen für Aufnahme der Gasleitungsröhren.

Der **dichte Verschluss** einer Gasleitungsanlage hängt sowohl vom 152
Material als von der Zusammenfügungsart der einzelnen Rohrstücke ab.

Man hat zu unterscheiden: 1. die Hauptleitungen oder die Straßenleitung und 2. die kleineren Zweigleitungen oder die Häuserleitung.

Für erstere, die Straßenleitungen, hat man zwar verschiedene Materialien versucht, man ist jedoch im Ganzen und Großen immer wieder zum Gußeisen zurückgekehrt. In der ersten Gruppe in diesem Bande S. 89 ist von den eisernen Wasserleitungsröhren die Rede. Für Gasleitungen dienen vorwiegend die Röhren mit Bechern, Fig. 199 (a. f. S.). Wir verweisen hinsichtlich des Verhältnisses von Länge, Weite, Wandstärke zum Gewicht der gußeisernen Röhren ebenfalls auf Seite 94 der genannten Gruppe. Die einzelnen Röhren werden auf undichte Stellen geprüft durch Verstopfen der Oeffnungen mit Leder und Holzplatten, die mit eisernen Klammern angedrückt werden, Einlegen in einen Trog mit Wasser und

Einpressen von Luft mittelst einer Pumpe, wodurch sich Blasen zeigen, wenn die Röhre nicht dicht ist. Die geprüften Röhren werden dann sämmtlich mit einem starken Theeranstrich versehen. Zwischen dem eingeschobenen Röhrenstück und der Becherwand, d. h. der inneren Wand des erweiterten Röhrenendes, ist ein Raum von 1/4 bis 1/2 Zoll gelassen, welcher mit dem Dichtungsmaterial ausgefüllt wird. Dies besteht:

Fig. 199.



1. Aus einem Mennigekitt, der in den Zwischenraum ringsum eingestrichen wird, worauf ein Stück Seil von ungefähr der Dicke, daß es den Zwischenraum ausfüllt, spiralig aufgewickelt und fest eingestoßen wird. Dies Seil füllt die kreisförmige Fuge bis zu etwa 1 Zoll, bei weiteren Röhren selbst 2 Zoll vom Rande. Es wird in diesen Raum dann noch flüssiges Blei eingegossen, was dadurch bewerkstelligt wird, daß man einen feuchten Lehmring an die Fuge fest anlegt, diesen auf der oberen Seite mit einer trichterförmigen Eingußöffnung versieht und durch diese recht heißes geschmolzenes Blei eingießt. Nach dem Erkalten und Entfernen des Lehmwulstes werden die herausragenden Bleiränder mit einem Meißel abgehauen und dann mit Hammer und Meißel von passenden Dimensionen das andere Blei fest in die Fuge hineingestemmt. Diese Arbeit muß sehr vorsichtig und vollständig ausgeführt werden. Ueber den eingetriebenen Bleiring giebt man dann zuweilen noch eine Kittlage mit einem Seilstück.

2. Den Seite 91 Gruppe 1 dieses Bandes besprochenen Röhrenverschluß mittelst vulcanisirter Kautschukringe hat man auch für Gasröhren empfohlen, denselben aber, soviel uns bekannt, nirgends zur allgemeineren Aufnahme bringen können. Dieselben sollen sich jedoch an einigen Orten mehrere Jahre hindurch ganz gut gehalten haben, auch kommt diese Dichtungsart billiger zu stehen als Bleiverstemmung.

3. Eine andere sehr wenig Dichtungsmaterial bedürfende Verschlußart der Fugen ist die mit Mennige. Es sind die Röhrenenden für diese Verschlußart so abzudrehen (Kappe und Einschubstück schwach conisch), daß sie dicht in einander passen, dann werden sie wohlabgewischt und mit einer ganz dünnen Schicht Mennigekitt (2 Thle. Mennige und 1 Thl. Bleiweiß) bestrichen und dann das Einschubstück in die Kappe eingetrieben. Diese Verbindungsart eignet sich gut für ganz gerade Leitungen, sie soll sehr dicht sein, aber genauen Nachsehens, ob die Röhren ganz unbeweglich in einander stecken, bedürfen.

Für Abweichungen der Röhrenfahrten von der geraden Linie oder für Abzweigungen werden Röhrenstücke von beliebigen Winkeln oder zweiarmige Kappen eingesetzt; seltener ist es, daß man für das erstere Erforderniß Bleiverbindungen einschaltet.

Die Hausleitungen, d. h. die Abzweigung der Leitungen von den Straßenleitungen zu den Gebäuden und im Innern derselben, werden meist entweder aus Bleiröhren oder aus schmiedeeisernen Röhren gemacht. Erstere haben den Vorzug der Biegsamkeit, sie werden aber auch durch Druck oder Stoß leicht verschlossen oder verletzt und schmelzen bei Feuersbrünsten leicht ab. Ihr Preis ist für eine gegebene Anzahl laufender Fuß und ein gewisses Kaliber nicht viel geringer als der der schmiedeeisernen, weil sie des hohen specifischen Gewichtes des Bleies wegen sehr ins Gewicht fallen, sie machen deshalb, wie es scheint, für Gasbeleuchtungszwecke den schmiedeeisernen Röhren mehr und mehr Platz. Messing-, Kupfer- und Zinnröhren sind selten und theurer. Die Einfügung der schmiedeeisernen Zweigleitungen in die gußeisernen Röhrenfahrten geschieht durch Einbohren der letzteren, Einschneiden eines Schraubengewindes in die Oeffnung, Anschneiden einer kurzen Schraubenspindel in die schmiedeeiserne Röhre, Belegen des schraubenförmigen Stückes mit dünnen Wergfaden und Mennigekitt und Eindrehen der Schraube in die Gußröhren. Wo in Straßenröhren von weniger als 2 Zoll Durchmesser Zweigleitungen eingefügt werden sollen, ist es besser, dies mittelst eines sogenannten T-Stückes zu bewerkstelligen. Ein T-Stück, das Mittel zur Anbringung von rechtwinkligen Seitenleitungen innerhalb der Gebäude, ist ein kurzes, mit zwei Schraubengewinden versehenes, über die schmiedeeisernen Röhren, die es verbinden soll, greifendes Röhrchen, in dessen Mitte ein Ansatz, ebenfalls mit Schraubenmutter versehen, sitzt. Gezogene schmiedeeiserne Röhren kommen zu Gasbeleuchtungszwecken vor in Kalibern von 2 Zoll bis zu $^1/_3$ Zoll, selten über oder unter diesen Durchmessern. Sie lassen sich in diesen Dimensionen, zum Rothglühen erhitzt, leicht biegen. 153

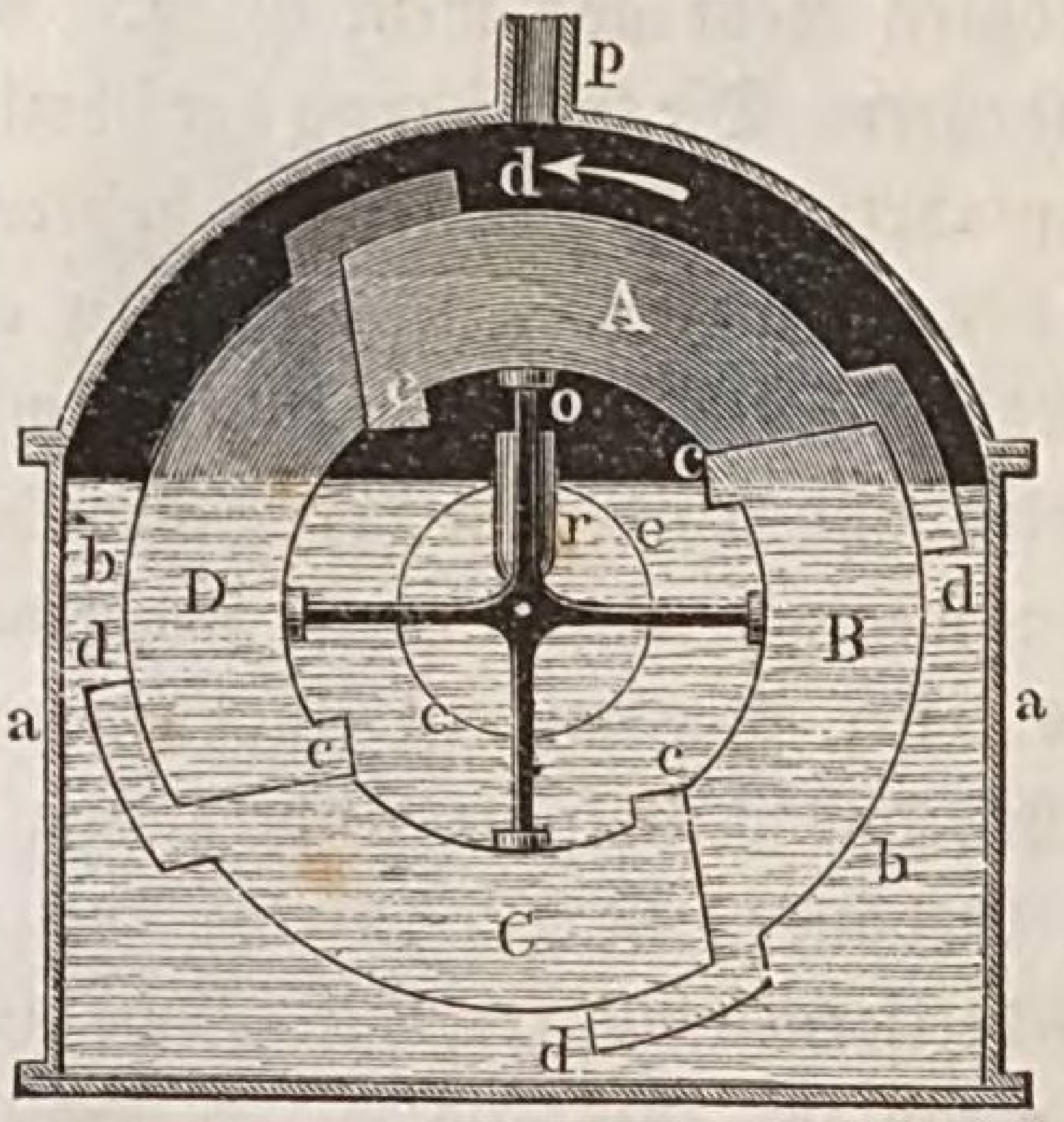
Die Gasuhren sind Apparate zur Controle des Verbrauchs der Abnehmer. Man kann sie unterscheiden in trockne Gasuhren und in hydraulische; bei ersteren fällt jede Absperrungsflüssigkeit weg, letztere bedürfen einer solchen. Im Falle des Frierens des Absperrungswassers würde die hydraulische Gasuhr ihren Dienst versagen; wohl hauptsächlich diesem Uebelstande verdankt die trockene Gasuhr ihren Ursprung. Da dieselbe indeß weit größere Schäden an sich hat als die hydraulische Gasuhr und sehr selten in Gebrauch ist, unterlassen wir ganz ihre Beschreibung. Wir wollen bei diesem Anlasse sogleich bemerken, daß man, um das Einfrieren zu verhindern, da, wo hierfür die Gefahr sehr groß ist, ein anderes Mittel anzuwenden vorgeschlagen hat, eine Mischung von Glycerin mit Wasser. Eine solche von 45 Proc. Glycerin von 1,26 specif. Gewicht mit 55 Proc. Wasser gefriert erst bei — 21° R. = — 26,2° C. Auch kann in solchen Fällen Weingeist dienen. 154

Die hydraulischen Gasuhren, Gaszähler (compteurs, wet meter) haben eine große Reihe von Abänderungen durchlaufen müssen, bis sie auf der gegenwärtigen Stufe der Vervollkommnung angelangt sind. Nur Einzelnes von den älteren Constructionen wollen wir anführen, insofern dies zum Verständniß des neuesten Zustandes beiträgt.

Das Wesentlichste aller älteren und neueren Constructionen ist ein Schaufelwerk, d. h. eine aus vier Kammern gebildete Trommel, die, um eine horizontale

Axe beweglich, mit dem unteren Theile und zwar so tief unter Wasser steht, daß nur etwa $^{1}/_{3}$ herausragt. Diese Trommel befindet sich in einem cylindrischen Gehäuse sammt dem Wasser und dreht sich um ihre Axe in Folge des einströmenden Gases. Die Drehungen werden durch ein Zeigerwerk gezählt und da jede durch successive Füllung erfolgt (deren Inhalt bekannt ist), wird von dem Zeigerwerke zugleich die Quantität des durchgeströmten Gases gemessen.

Fig. 200.



Die Trommel mit den vier aus Hohlschaufeln gebildeten Kammern ist in der ursprünglichen Construction, die wir ebenfalls dem genialen Gastechniker Clegg verdanken, wie folgt gestaltet.

In Fig. 200 ist *aa* das Gehäuse, *bb* die drehbare Trommel mit den vier Kammern *ABCD*. Jede dieser Kammern hat eine spaltartige Oeffnung *cccc*, gegen die Axe hin gelegen, durch welche das Gas eintritt, und *dddd* eine andere ähnliche an der Peripherie, durch welche das Gas ausströmt, um oben bei *P* aus dem Gehäuse *aa* zu entweichen. Die Figuren 201 bis 204 stellen vier verschiedene Stellungen

Fig. 201.

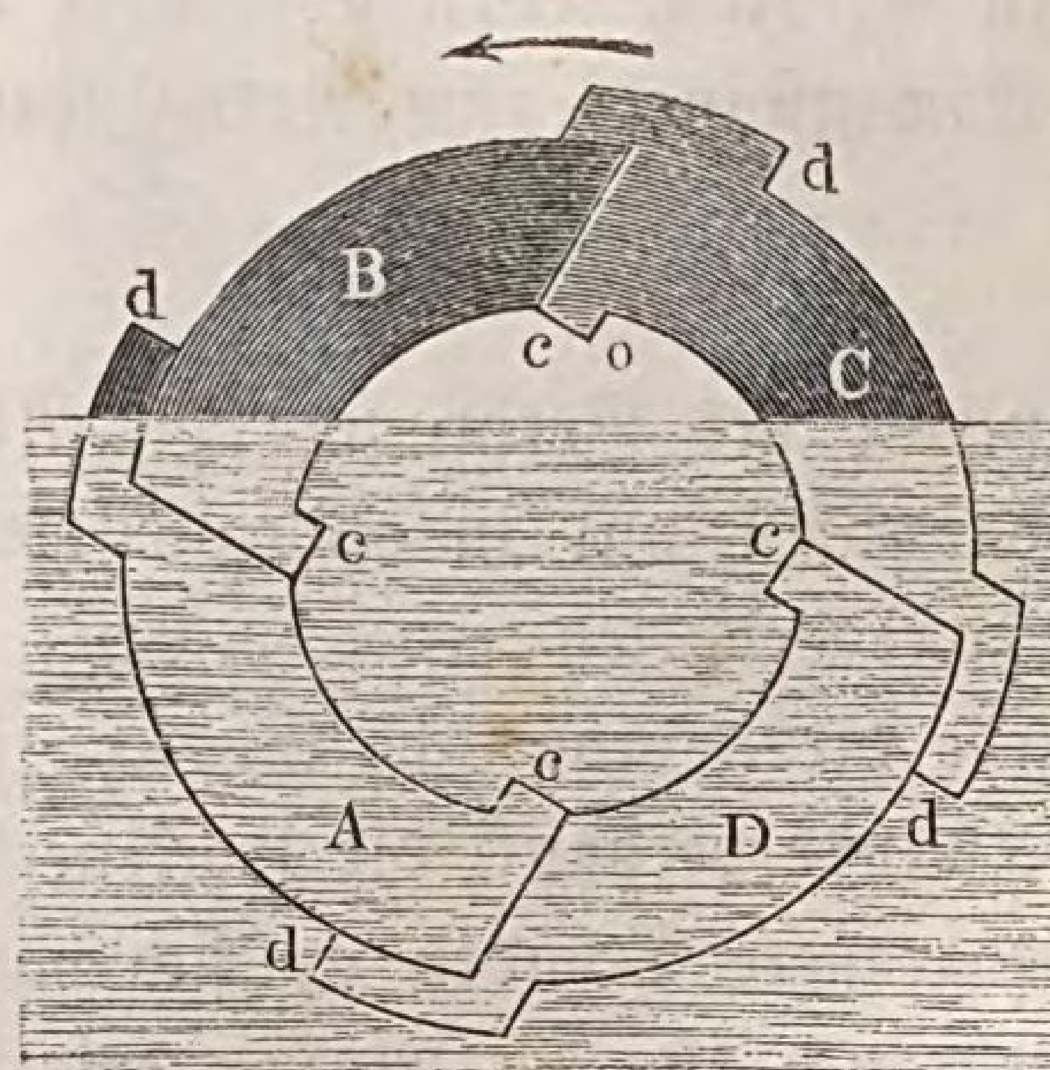


Fig. 202.

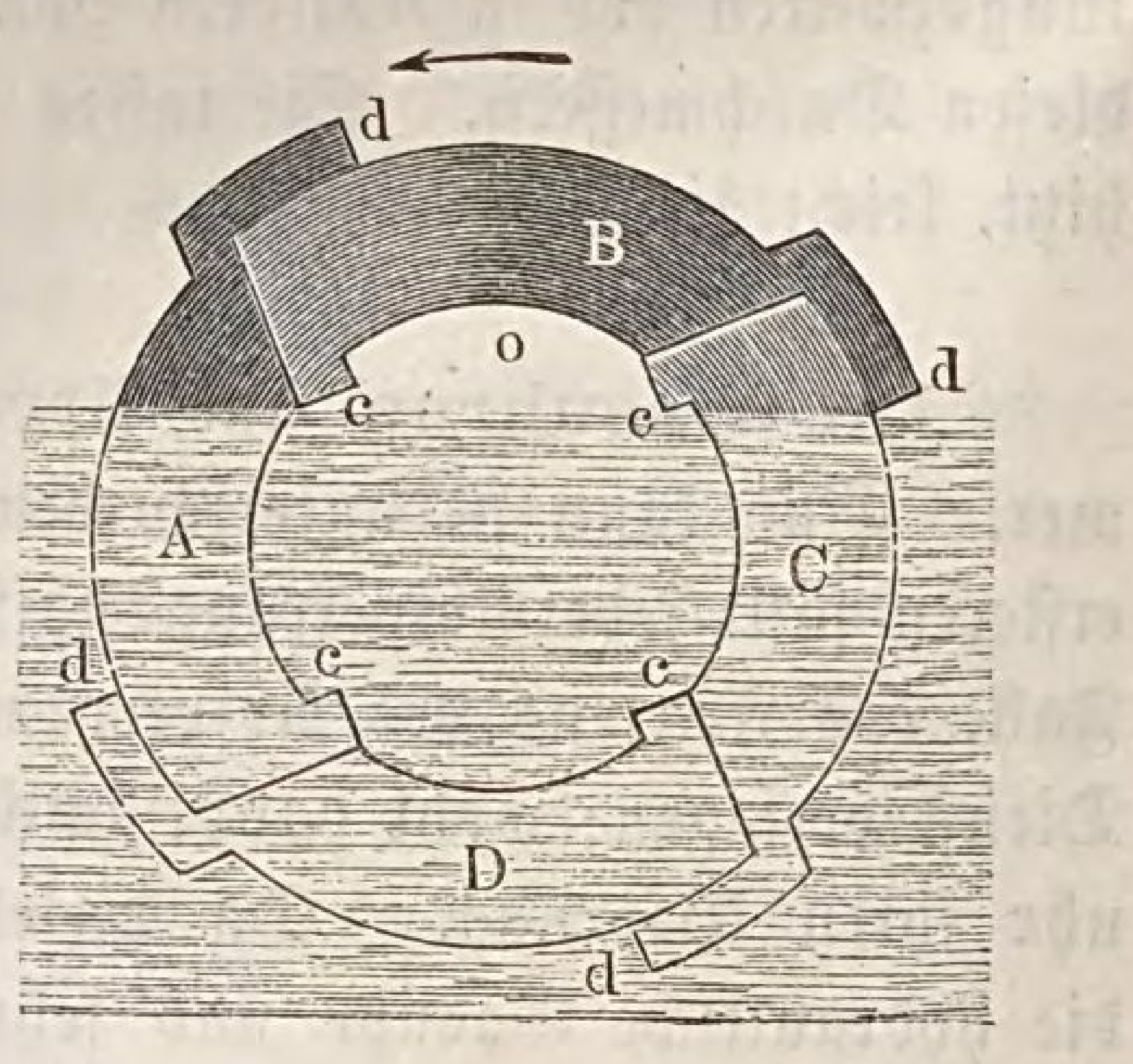


Fig. 203.

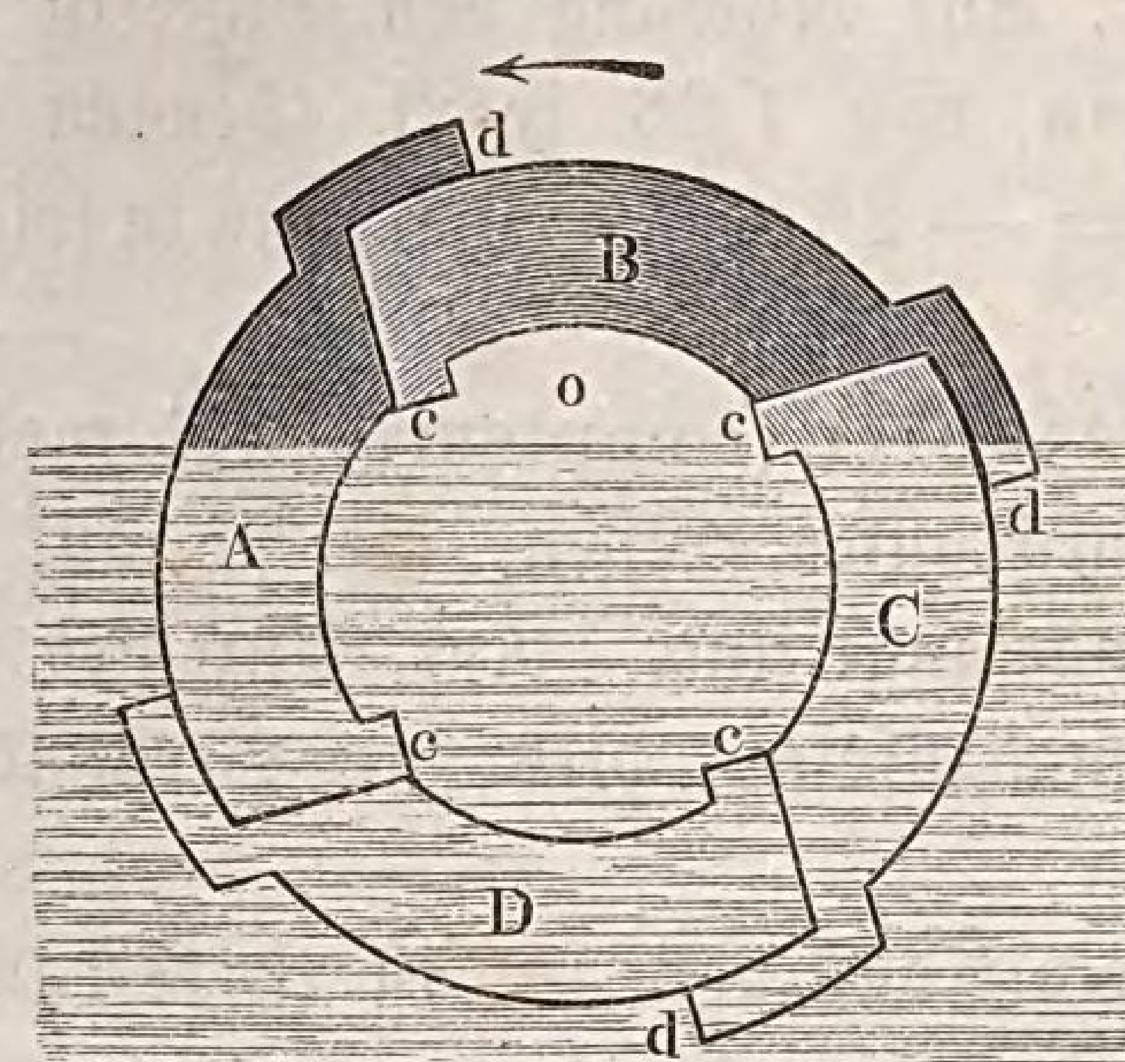
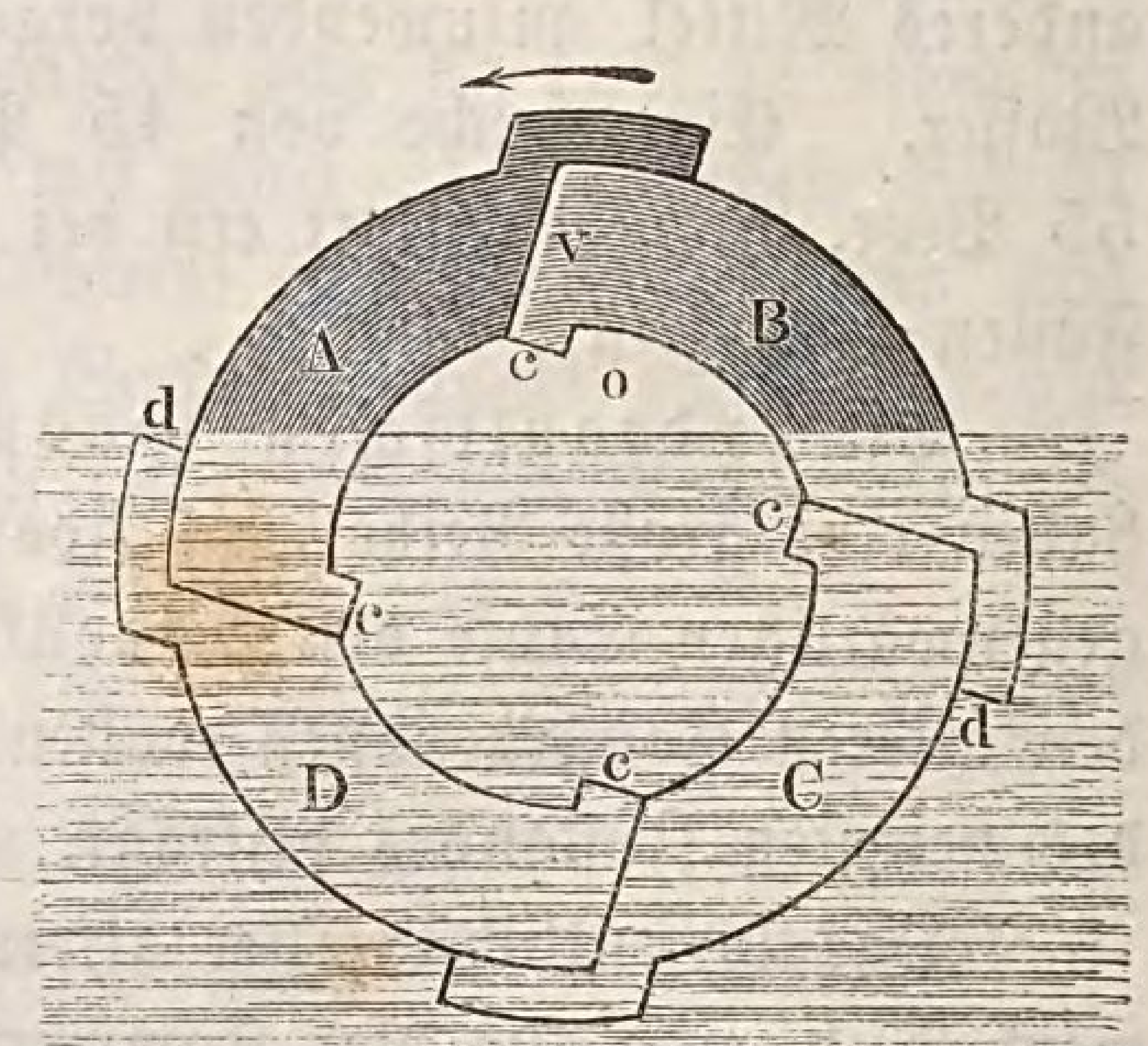


Fig. 204.



der Trommel *b* dar, welche sich durch Drehung derselben in der Richtung des Pfeiles ergeben.

Die Wand der Trommel geht gegen die Axe hin über die Wände der Kammern bis nach *ee*; in den von dem kranzförmigen Wandstück *ee* umschlossenen Raum tritt das Gas durch eine Röhre *z*, welche über dem Wasserspiegel mündet, ein. Bei *o* ist unter einem kleinen gewölbartigen Stück der gerade obenauf befindlichen Kammer und eingeschlossen von den oberen Theilen des Blechkranzes *ee* eine kleine Menge Gas enthalten. Die Zufuhr neuen Gases an diese Stelle erfolgt durch *z*; suchen wir den Weg, auf welchem es entweichen kann. In der Stellung der Trommel, Fig. 201, tritt es durch *c* nach *B*; da es aus dieser Kammer nicht wieder heraus kann, weil der Spalt *d* noch unter Wasser ist, wirkt das unter einem gewissen Drucke stehende Gas auf die Wand *v* oder, was hinsichtlich des Erfolges dasselbe ist, es verdrängt Wasser aus dieser Kammer, bewirkt dadurch Erhöhung des Wasserstandes auf der anderen Seite der Axe und bewegt in Folge hiervon die Wand in der Richtung des Pfeiles, wodurch sich ein immer größer werdender Raum der Kammer *B* über das Wasser erhebt. In Fig. 202 sehen wir *B* beinahe gefüllt, dies ist vollständig der Fall in Fig. 203, wo die zu *B* gehörende Spaltöffnung *c* eben untertaucht, während *d* sich über das Wasser erhebt und gleichzeitig der andere zu *C* gehörende Spalt *c* über das Wasser tritt und die Communication zwischen *o* und *C* herstellt. Wenn sich nun die Kammer *C* füllt, entleert sich in Folge der fortschreitenden Bewegung der ganzen Trommel die Kammer *B* (Fig. 204) durch den Spalt *e* in das äußere Gehäuse, von wo das Gas durch *P* entweicht.

Es ist einzusehen, daß das Gas aus *o* nach *P* nur durch eine der Kammern *A*, *B*, *C* oder *D* gelangen kann, und zwar ohne einen viel größeren Druck ausüben zu müssen, nur dann, wenn die Trommel sich dreht. Beim Stehenbleiben der Trommel durch Einklemmen, Rosten u. s. w. müßte das Gas (Fig. 201), welches in *B* eintritt, das Wasser in dieser Kammer bis *d* hinabdrücken, um dort entweichen zu können.

Das Schaufelwerk der jetzt gebräuchlichen Gasuhren hat folgende Einrichtung. Die Trommel besteht ebenfalls aus vier, um eine horizontale Axe symmetrisch geordneten Kammern. Diese sind aber nicht so vollständig von einander abgeschlossen als die oben beschriebenen. Eine jede ist aus einem Blechstück gebildet, das aus drei Theilen besteht. Fig. 205 (a. f. S.) stellt ein solches vor. *a* ist der mittlere, die Scheidewand zwischen zwei Kammern bildende Theil; dieser Theil läuft aber nicht parallel mit der Axe, sondern schräg von einer Seite der Trommel zur anderen. *b* und *c* sind rechtwinklig daran sitzende Flügel, welche Bestandtheile der scheibenförmigen Seitenwände sind. Diese sind nicht ganz fest mit einander verbunden, sondern bilden spaltartige Oeffnungen, wie aus *a* und *a'*, Fig. 206 (a. f. S.) zu sehen ist. Die beiden Flügel *b* und *c* sitzen an *a* so, daß *b* mit der Rückwand von *a* einen rechten Winkel bildet, während *c* im rechten Winkel zur Vorderseite von *a* sitzt. Findet bei *b* zwischen den Spalten der Eintritt des Gases statt, so erfolgt der Austritt auf der Seite von *c*. Die Figuren 207 und 208 (a. f. S.) werden die Bewegung des Gases zwischen diesen Schaufeln hindurch deutlicher machen. Fig. 207 versinnlicht die Gasströme auf

der einen Seite einwärts, Fig. 208 die auf der anderen Seite nach außen, wenn der Pfeil über beiden Figuren die Richtung der Drehung der ganzen Trommel

Fig. 205.

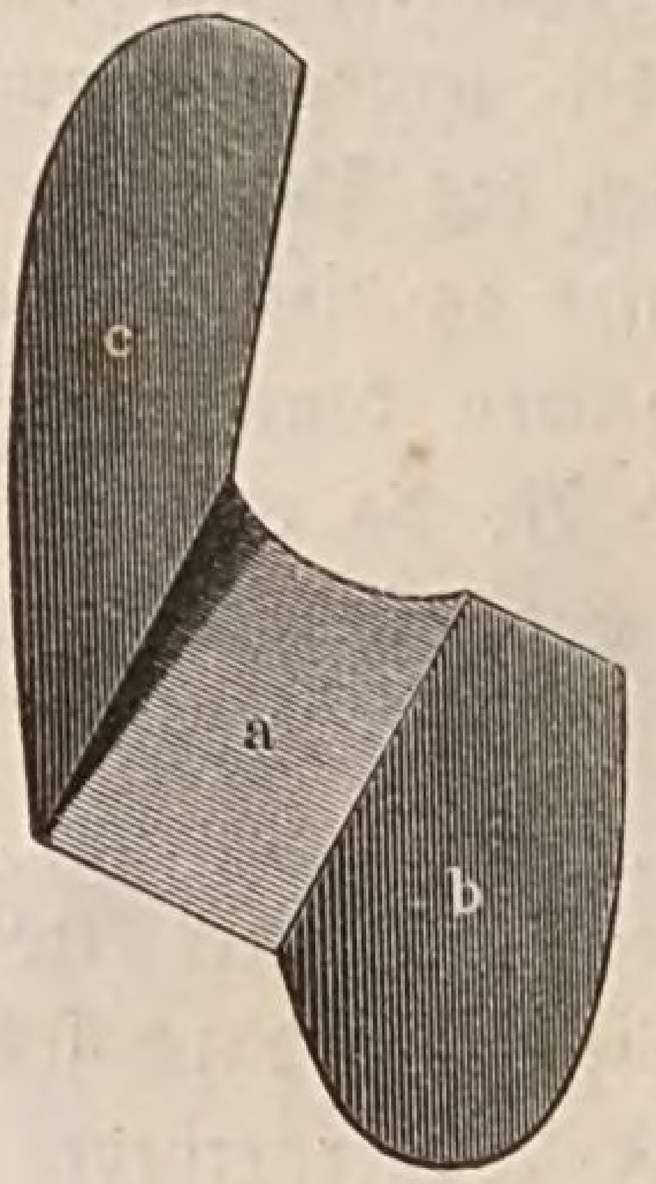


Fig. 206.

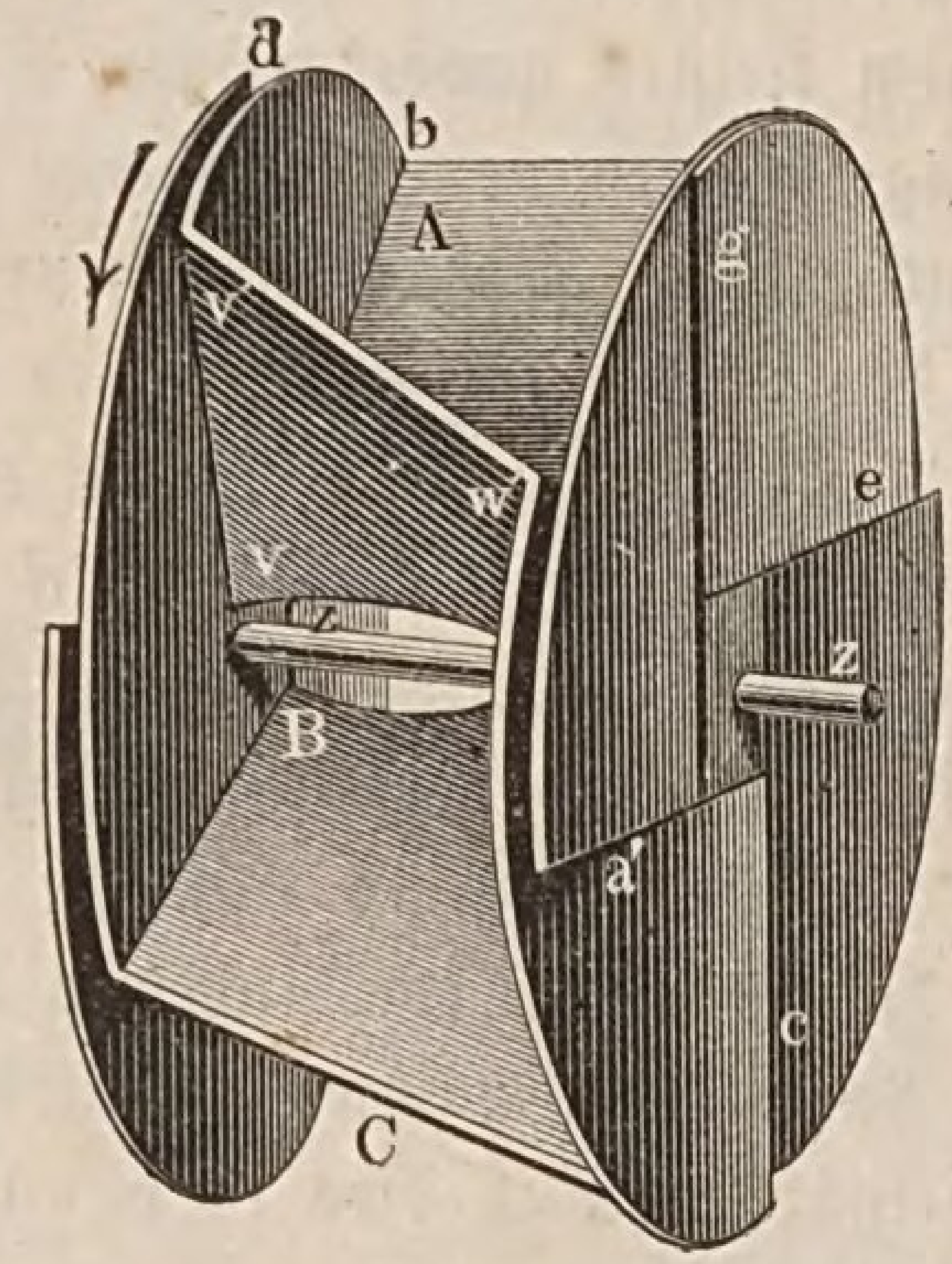


Fig. 207.

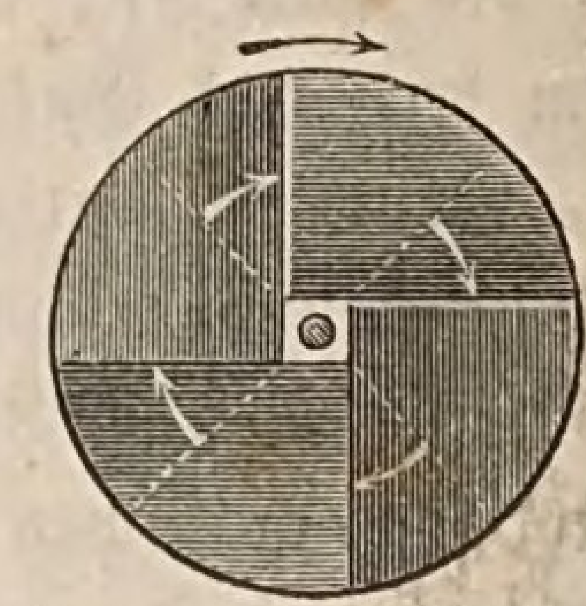
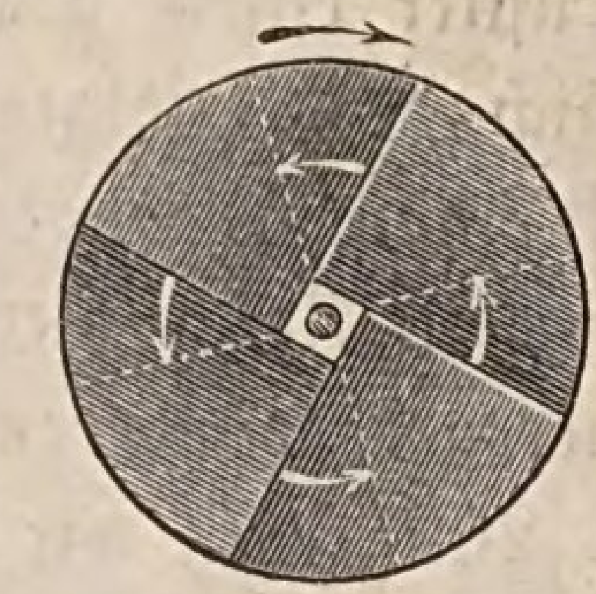


Fig. 208.



angiebt. Diese Blechschaufeln sind mit einem cylindrischen Blechmantel umgeben, wie in *z*, Fig. 209, zu sehen ist. Außerdem sitzt auf der Seite der Eintrittsspalten eine Art gewölbten Deckels *o*, Fig. 209, der in der Mitte durchbrochen ist, so daß die Axe der Trommel und das knieförmig aufwärts gebogene Rohr *x*, Fig. 210, Platz haben. Die Zufuhr des Gases geschieht eben unter diesem ge-

Fig. 209.

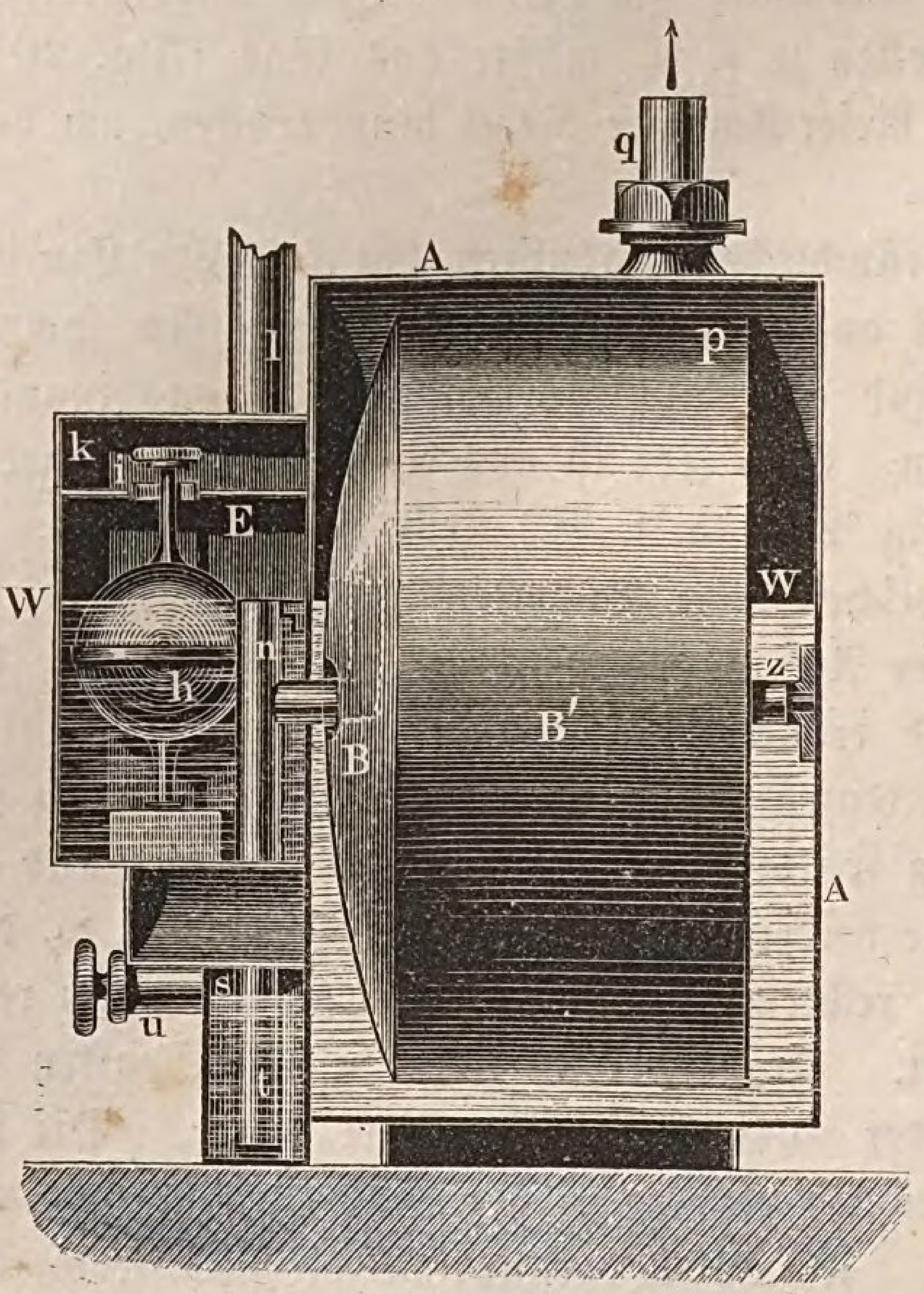
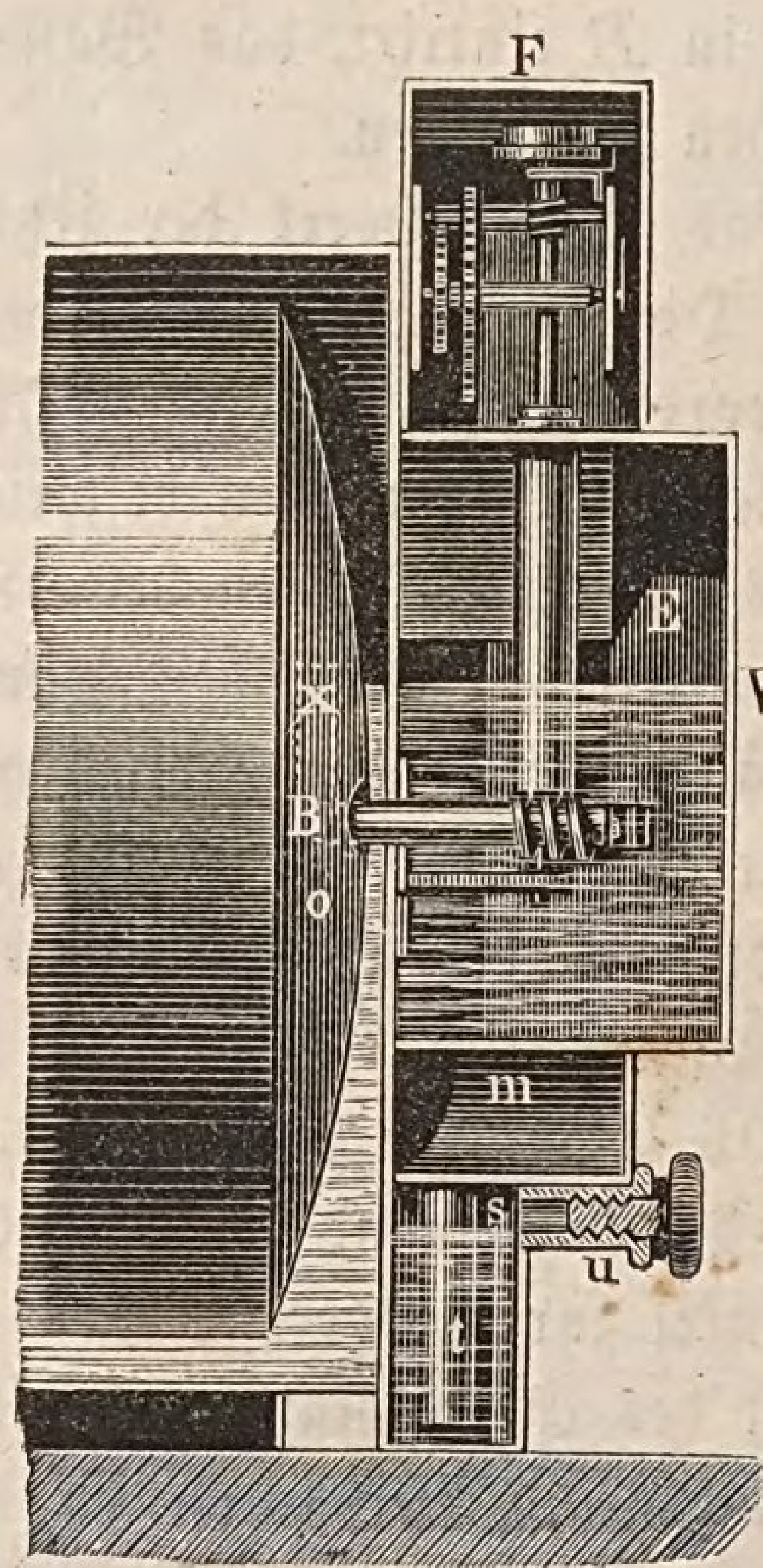


Fig. 210.



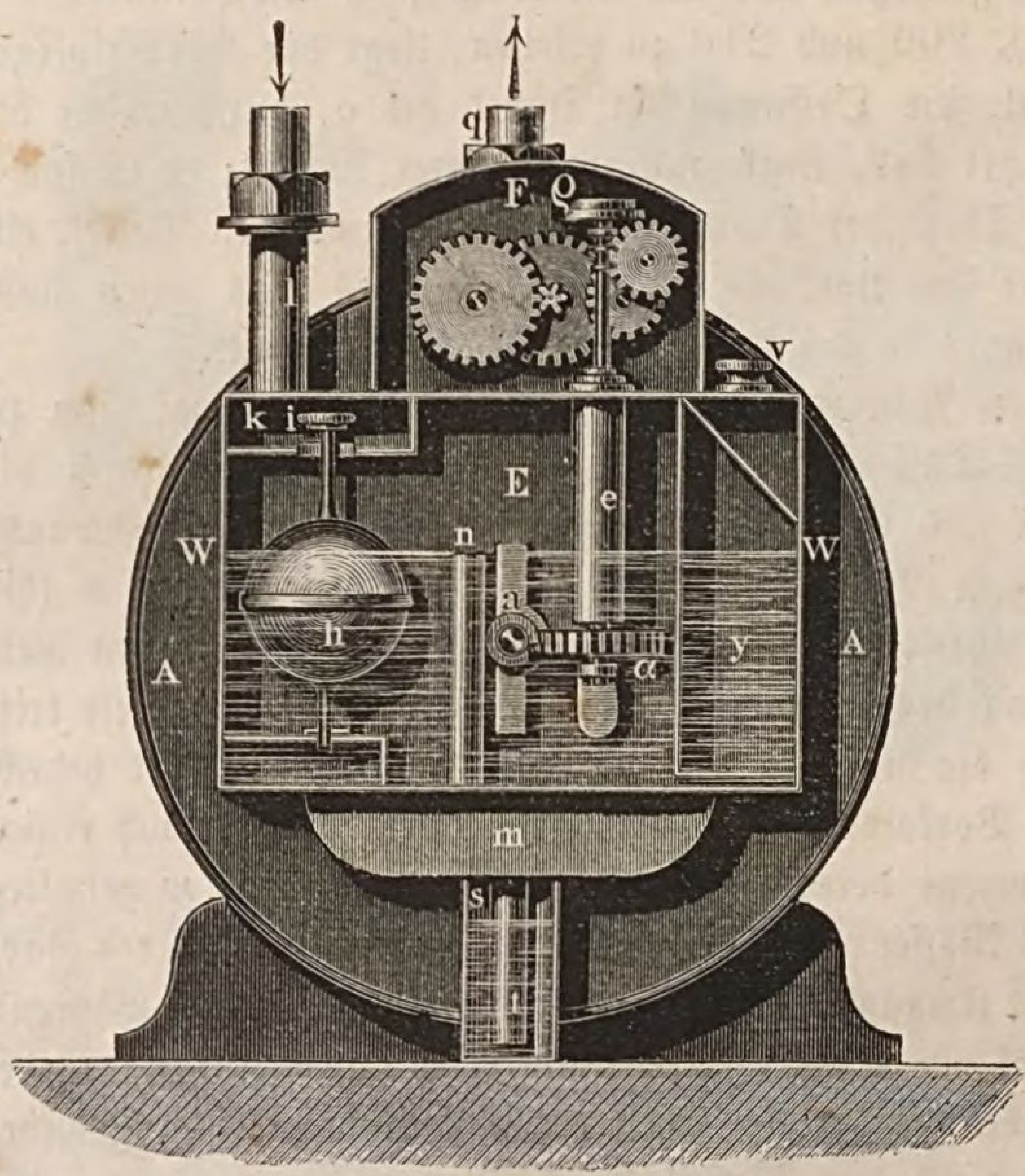
wölbten Theile, von da aus tritt dasselbe in diejenigen Spalten, die über dem Wasser stehen, bewegt sich unter den schrägen Zwischenwänden hin zur gegenüberliegenden Seite der Trommel *p*, um zuerst in das die Trommel einschließende Gehäuse über dem Wasser zu gelangen und von da durch *q* zu den Brennern hin auszuströmen. Wie aus Fig. 209 und 210 zu ersehen, liegt der Wasserspiegel *w* über der Axe der Trommel, die Oeffnung im Deckel bei *o*, durch welche die Axe und das Rohr *x* eingeführt sind, liegt auch ganz unter Wasser; es ist somit bei *o*, zwischen dem flachen Theil der Trommel und dem gewölbten Deckel, ein mit Gas gefüllter Raum, eine Art Vorkammer, durch die alles Gas gehen muß, ehe es zwischen die Scheidewände in der beweglichen Trommel eintritt.

Wir haben nun noch den Weg zu betrachten, den das Gas nimmt, um zu dem Rohre *x* zu gelangen. Dasselbe wird zur Gasuhr hingeführt durch die Röhre *l* nach dem Kästchen *E* und zwar zunächst in ein kleines durch Blechwände abgesperrtes Kämmerchen *k*; im Boden desselben ist eine Oeffnung bei *z* (die durch das am Schwimmer *h* sitzende Kegelventil *i* vorübergehend geschlossen werden kann, bei richtiger Stellung des Schwimmers *h* aber frei ist); durch diese tritt das Gas nach *E*, von da in die Röhre *n* (die deshalb nicht vom Wasser bedeckt sein darf) nach *x* und in die Vorkammer *o*. In dem Kästchen *E* sind noch einige Vorrichtungen angebracht, vermöge deren der Wasserstand constant auf *w* gehalten wird. Begreiflich würde zuviel Wasser in der Uhr bewirken, daß ein geringeres Gasquantum für eine gewisse Zahl Umgänge der Trommel durch die Uhr ginge, während durch Vermindern des Wassers ein größeres Quantum Gas durchgelassen würde. Im ersteren Falle wäre der Gasproducent, im zweiten der Consument in ungebührlichem Vortheile. Vermindert sich das Wasser, so sinkt mit seinem Niveau der Schwimmer *h* und das daran befestigte Ventil *i*, dies schließt die Oeffnung in *k* und aller Gaszufluß hört auf, die Flammen erlöschen. Ist aber zu viel Wasser in der Uhr, so füllt sich das Rohr *n*, versperrt *x* und es hört auch in diesem Falle die Gaszufuhr in die Trommel auf. Auf diese Weise ist jeder Unrichtigkeit der von der Uhr verrichteten Gasmessung vorgebeugt. Fehlt es an Wasser, so wird dasselbe bei *l* nachgefüllt, ist zu viel vorhanden, so öffnet man die Schraube *u*, das in *n* eingedrungene Wasser fließt nach *m* und von da durch *t* nach *s*, um bei *u* herausgelassen werden zu können.

Die Art und Weise, wie die Gasuhr zählt, geht aus Folgendem hervor. Es sind zu zählen die Trommelumgänge. Die Größe derselben ist in der Weise festgestellt, daß jeder Umdrehung ein Kubikfuß oder ein Theil eines Kubikfußes, $^1/_8$, $^1/_4$, $^1/_2$ entspricht. *F* ist ein Kästchen vor dem Trommelgehäuse über der Kammer *E*, worin die Zählvorrichtung angebracht ist. Man sieht diese in Fig. 211 und 212 (a. f. S.) in zwei senkrecht aufeinander stehenden Verticaldurchschnitten, in Fig. 213 (a. f. S.) in der Vorderansicht und Fig. 214 (a. f. S.) in einem Horizontalschnitt. An der Axe der Trommel sitzt eine Schraube ohne Ende, diese greift in das Zahnrad α von 40 Zähnen. Wenn eine Revolution der Trommel $^1/_8$ Kubikfuß anzeigt und durch eine Umdrehung der Trommelaxe ein Zahn vorgeschoben wird, so dreht sich das Rad α einmal um sich selbst, nachdem 5 Kubikfuß Gas durchgegangen sind. Das Zahnrad α sitzt am unteren Ende einer verticalen Axe, die oben in die Kammer *F* reicht, und welche mit einem cylindrischen

Blechmantel umgeben ist, der unter das Wasserniveau in *E* reicht, damit nicht Wasser durch die Stopfbüchse der Axe nach *F* gelangen könne. Am oberen Ende

Fig. 211.



dieser Axe sitzt eine eiserne Scheibe ϱ, die in fünf gleiche Theile und deren Hälften eingetheilt ist. Eine Umdrehung dieser Scheibe bedeutet also, daß 5 Kubikfuß Gas durchgegangen sind. Die numerirten Theilstriche bewegen sich an einem Stift vorüber, so daß man die einzelnen und halben Kubikfuße ablesen kann. An der gleichen Axe ist eine Schraube ohne Ende, die in das Zahnrad β von 40 Zähnen eingreift. Es dreht sich also das Rad β einmal um, während das Rad α 40 Umdrehungen macht. Eine Umdrehung von β entspricht also 200 Kubikfuß. An der Axe von β sitzt ein Drilling γ von 6 Zähnen, eingreifend in das Rad δ von 30 Zähnen. Eine Umdrehung von δ entspricht daher 1000 Kubikfuß durchgegangenen Gases. Auf der Axe von δ sitzt außen ein Zeiger, der auf

Fig. 212.

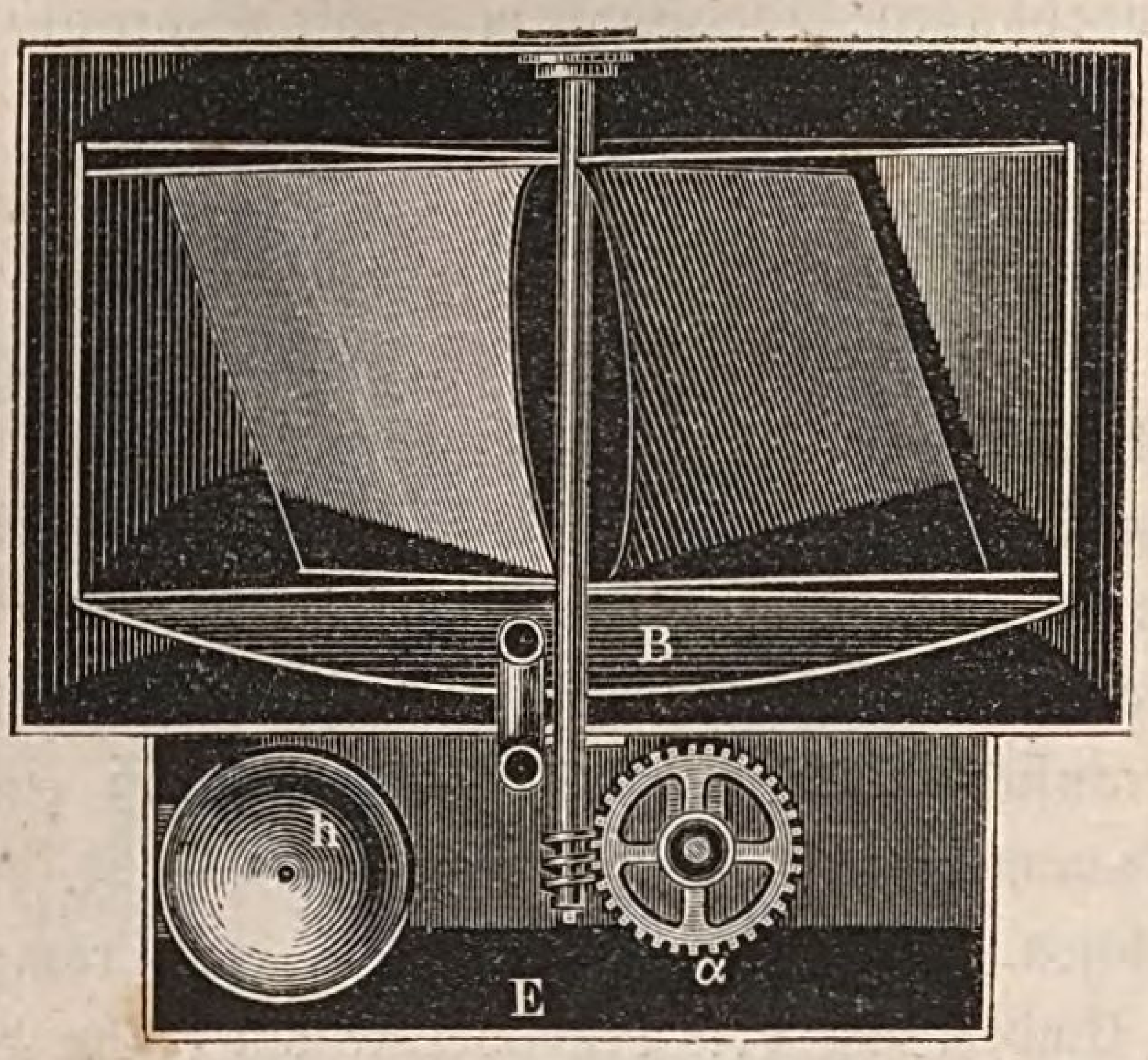


Fig. 213.

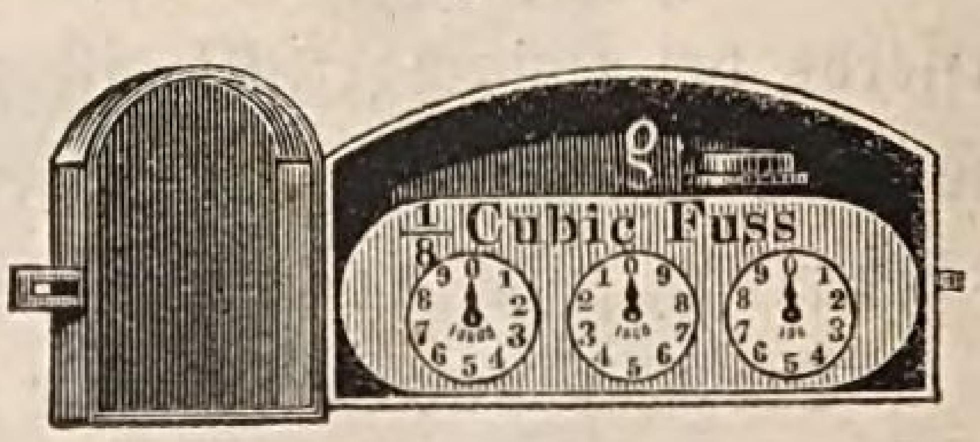
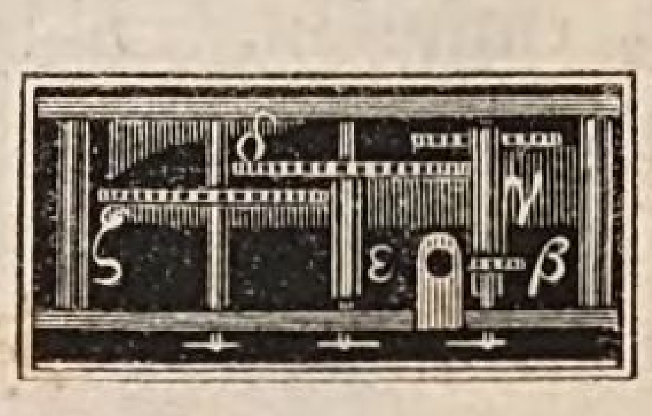


Fig. 214.



ein Zifferblatt weist, das in 10 Theile getheilt ist und die numerirt sind. Die Differenz zwischen je zwei Ziffern bedeutet also 100 Kubikfuß. Die Axe des Rades δ

ist durch einen Drilling ε mit dem Rade ζ verbunden, der Drilling ε hat 6, das Rad ζ 60 Zähne; auf der Axe dieses Rades sitzt wieder ein Zeiger, der eine Umdrehung für 10000 Kubikfuß Gas macht, ein Zehntel des Zifferblattes entspricht also 1000 Kubikfuß. Ganz so ist an einzelnen Gasuhren durch einen Trieb auf der Axe von η ein weiteres Rad ϑ (das in unserer Figur nicht angegeben ist) in Bewegung gesetzt, dessen vollständige Umdrehung wie die des auf der gleichen Axe sitzenden Zeigers 100000 Kubikfuß anzeigt.

Man hat größere und kleinere Gasuhren, je nach der Flammenzahl, für welche sie bestimmt sind. Die kleinsten sind für drei Flammen bestimmt, deren Trommeldurchmesser beträgt 9 Zoll, die Tiefe der Trommel halbsoviel. Gasuhren für 10 Flammen haben Trommeln von nahezu 15 Zoll, solche für 20 Flammen einen Trommeldurchmesser von etwas über 17 Zoll.

Es giebt sowohl in England wie in Frankreich und Deutschland mehrere Fabriken, welche derartige Gasuhren liefern. Die in Frankreich gebrauchten sind in Metermaß eingetheilt, die englischen und deutschen in englische Fuß und zehntel Fuß, überhaupt gilt, wie schon an anderen Orten bemerkt wurde, der englische Kubikfuß noch fast überall in Deutschland als Einheit für Gasmessungen. Es ist von Wichtigkeit, daß man für größere Flammenzahlen nicht zu kleine Gasuhren anwende, weil dies zur Folge haben würde, daß die Trommel sich sehr rasch bewegen muß. Geschieht dies, so kann leicht das Ventil an der Schwimmerstange durch den raschen Gasstrom mitgerissen und die Einströmungsöffnung dadurch geschlossen werden, so daß momentan die Flammen erlöschen können.

Es können bei der Gasuhr, so sinnreich auch ihre Construction ist, und so solid sie ausgeführt sein möge, mancherlei Störungen eintreten. Von jenen, die durch anormalen Wasserstand hervorgebracht werden, war schon die Rede. Es könnte aber die Trommel durch Einklemmung zum Stillstehen gebracht, oder ihr Gang durch Reibung verlangsamt, oder das Ventil am Schwimmer rostig, oder die Trommel undicht werden, alle diese Schaden würden aber, wie man bei näherer Ueberlegung leicht findet, nicht zum Schaden des Consumenten, sondern zu demjenigen der Gasfabrik ausfallen. Die Gasuhren werden von dem Lieferanten geprüft und in einigen Ländern auf polizeiliche Anordnung controlirt. Dies geschieht mittels eines Gasometers, der genau geaicht ist, und etwa 6 bis 10 Kubikfuß Luft faßt. Die Glocke des mit Luft gefüllten Instrumentes wird belastet, durch einen Hahn und Schlauch der Luftinhalt desselben mit der Gasuhr, oder auch einer Reihe von Gasuhren, verbunden, der Stand der Zeiger notirt und nun ein an der Tiefe des Niedersinkens der graduirten Glocke abmeßbares Luftvolumen durchgeführt; der Stand der Zeiger muß dem von dem Stand der Glocke des Gasometers angezeigten Gasvolumen entsprechen.

Beim Aufstellen der Gasuhren ist es von Wichtigkeit, daß man wo möglich eine Stelle wähle, an welcher keine Gefahr für Gefrieren des Wassers ist, und daß man sie genau horizontal stelle.

Die Brenner (bruleurs, becs, burners). Man läßt das Gas aus Mündungen verschiedenster Gestalt ausströmen, woraus natürlich auch Flammenformen verschiedener Gestalt entstehen. Im ersten Theile der Beleuchtungslehre haben wir bei Besprechung der Lampen und Dochtformen auf die Vortheile hingewiesen,

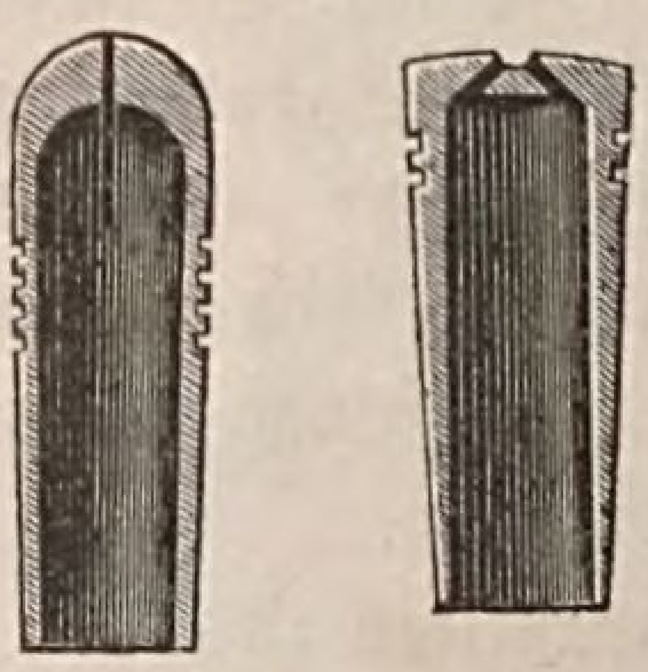
die sich aus gewissen Formen der Flamme ergeben. Wir beziehen uns hier auf jene Betrachtungen, da das allgemeine Princip auch hier Gültigkeit hat.

Gegenwärtig sieht man selten mehr die Form der Flamme, die man »Strahl« nennt; es strömt hierbei das Gas aus einer senkrechten feinen Oeffnung aus und verbrennt als langgezogener Büschel von kreisrundem Querschnitt. Man hat sich überzeugt, daß diese Art das Gas zu verbrennen, die wenigst vortheilhafte ist, weil viel Kohlenstofftheilchen im Innern der Flamme sich bewegen und wegen Mangels an Sauerstoffzutritt nicht in rechtes Glühen kommen können.

Die meist verbreiteten Flammen sind die der Flachbrenner. Deren sind zwei im Gebrauch.

1. Der Schnittbrenner, oder, von der Form der Flamme Fledermausflügelbrenner, und der Zweilochbrenner oder Fischschwanzbrenner. Der Schnittbrenner, Fig. 215, ist gewöhnlich ein oben halbkugelförmig endigendes Eisenstück, in welches ein verticaler Schnitt eingelassen ist, durch welchen das Gas ausströmt. Der Zweilochbrenner, Fig. 216, ist ein kleiner, steiler, abgestutzter Kegel, in dessen Basis eine Vertiefung ist, von welcher, unter einem Winkel gegen einander geneigt, zwei enge kreisrunde Kanäle ausgebohrt sind, die in einen weiteren röhrenförmigen Theil münden. Es strömen zwei Gasstrahlen in einem Winkel gegen einander, treffen sich außerhalb des Brenners und platten sich ab, so daß die Flamme flach wird und einen rechten Winkel zu den beiden Ausflußkanälen bildet.

Fig. 215. Fig. 216.



Die Oeffnung dieser Brenner ist nicht immer gleich weit. Sie liefern bei einem Drucke von 0,45 bis 0,5 Zoll Wassersäule zwischen 4 und $5^1/_2$ Kubikfuß Gas. Es ist hier der geeignete Ort, einige Andeutungen über das Verhältniß des specifischen Gewichtes des Gases, die Weite der Brenneröffnung und den Druck zu geben. Die Gasausströmung wird befördert 1) durch Erhöhung des Druckes, 2) durch Erweiterung der Brenneröffnung und 3) durch geringeres specifisches Gewicht. Es folgt hieraus a. daß bei gleichem specifischen Gewicht dem schwächeren Druck ein weiterer Brenner und umgekehrt, b. bei gleichem Druck dem schwereren Gas ein weiterer Brenner und umgekehrt, c. bei gleicher Brennerweite dem schwereren Gas ein stärkerer Druck und umgekehrt entspricht. Damit ist aber nicht gesagt, daß man mit engeren Brennern und höherem Druck dasselbe erreichen könne, wie mit weiteren Brennern und niedrigem Druck. Es ist der Druck ein Mittel, das auf gewisse Grenzen beschränkt ist; vermehrter Druck bringt stärkere Reibung an der die Flamme umgebenden Atmosphäre, daher stärkere Beimischung von Sauerstoff zu den brennenden Gasen und Lichtverminderung hervor. Nur bei sehr kohlereichen Gasen, bei welchen auch bei einiger Einmischung atmosphärischen Sauerstoffs in die Flamme immer noch genug glühender Kohlenstoff abgeschieden wird, lassen sich enge Brenner und etwas höherer Druck anwenden. Der Druck soll indeß unter allen Umständen sich zwischen 4 Linien und 1 Zoll halten.

Die beiden genannten Brennerarten dienen vorzugsweise für Straßenbeleuchtung; man will die Zweilochbrenner den Schnittbrennern hierzu an vielen Orten vorziehen, weil sie bei wechselndem Druck geringeren Schwankungen des

Consums und der Flammengröße unterworfen sein sollen. Doch hört man auch widersprechende Urtheile. Als Material zu diesen Brennern dient in der Regel Eisen, man hat aber auch Brenner aus anderen Stoffen hergestellt, z. B. aus Speckstein, die jedoch, verglichen mit den eisernen, Seltenheiten geblieben sind. Die Flachflammen sind ziemlich beweglich und flackernd und gemäß ihrer Form nicht geeignet in Zuggläser eingeschlossen zu werden. Zu Zimmerbeleuchtung, namentlich über Arbeitstischen, sind daher Argand'sche d. h. kreisrunde Flammen vorgezogen. Die Argand'sche Flamme besteht entweder aus einer kreisrunden Reihe kleiner Strahlen, deren jeder aus einer engen Oeffnung hervortritt, der Brenner ist ein hohler Kranz, an seiner oberen Seite mit vielen kleinen Oeffnungen versehen, oder die Flamme ist gebildet aus einem Gasstrom, der aus einer kreisrunden Schnittöffnung hervortritt (Dumasbrenner). Die Brenner sind gewöhnlich mit Galerien zur Aufnahme der Zuggläser versehen, der Zutritt der Luft zu dem inneren Theile der Flamme ist entweder ganz ungehindert oder zuweilen durch eine Art verzierenden Gitterwerks beschränkt. Die Figuren 217 und 218 geben hinlänglich deutliche Vorstellungen von solchen Brennern.

Fig. 217.

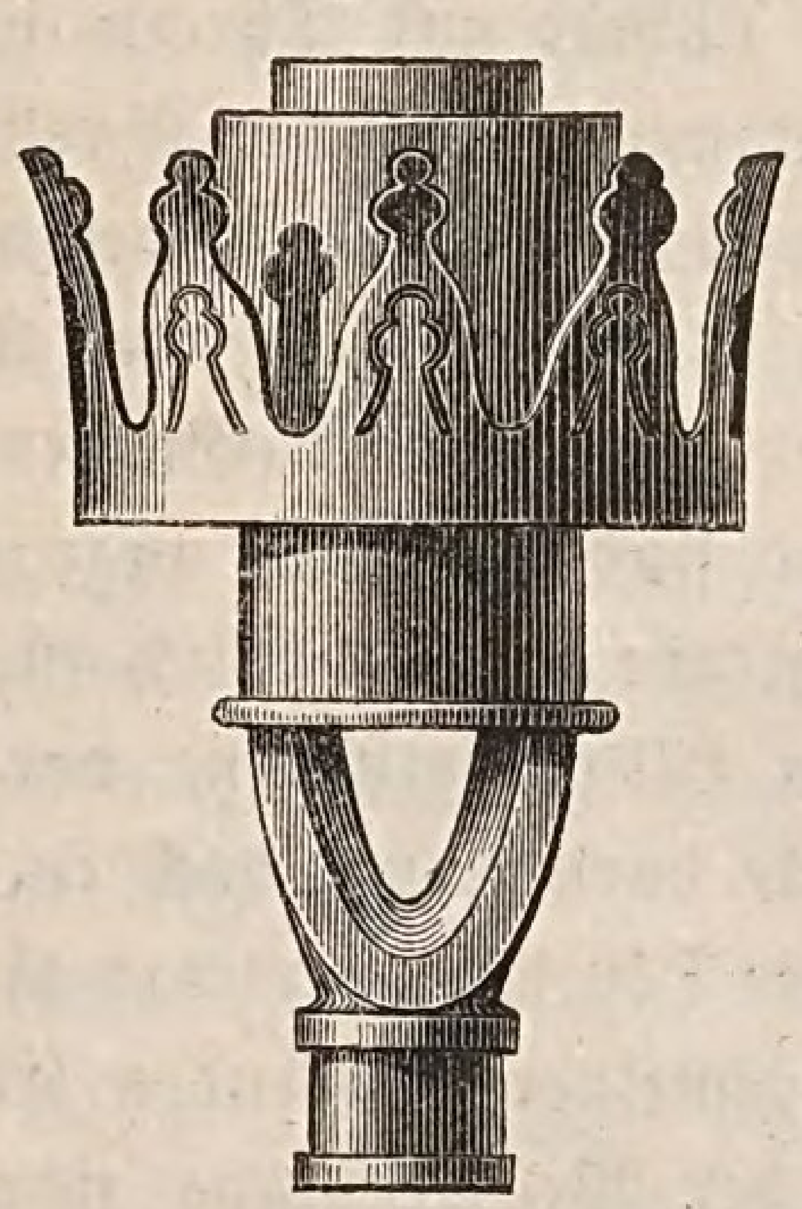
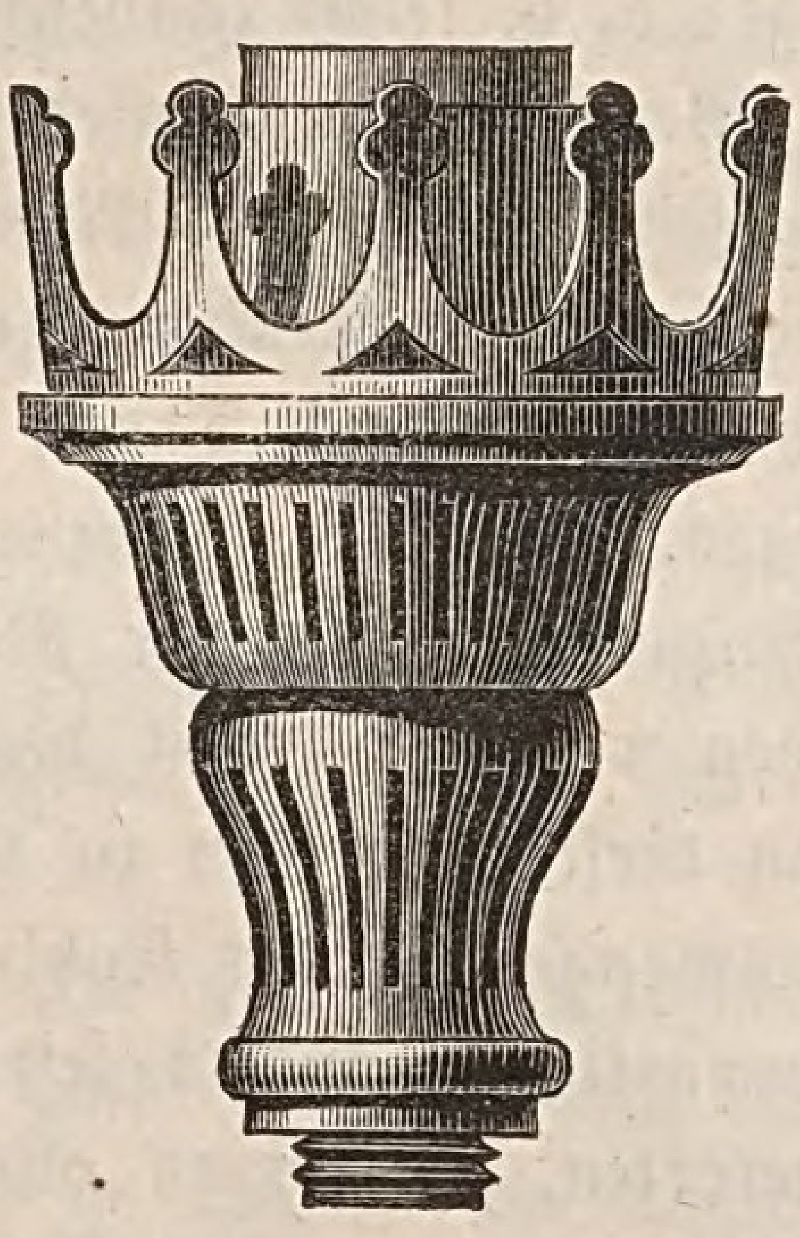


Fig. 218.



Von den Argand'schen Brennern darf noch gesagt werden, daß sie als der Apparat anzusehen sind, der die Verbrennung des Leuchtgases unter Erreichung des günstigsten Effectes vermittelt. Daß sie in einer gegebenen Zeit mehr Gas consumiren als die Flachbrenner ist leicht einzusehen.

Der Betrieb der Steinkohlengasfabrikation.

Es ist oben §. 125 bis 127 im Allgemeinen schon die Rede gewesen von 155
den Producten, die sich aus den Steinkohlen bei der trocknen Destillation bilden. Dem dort Gesagten muß ergänzend beigefügt werden, daß sich sämmtliche Producte dieses Processes in fünf wesentlich verschiedene Gruppen scheiden lassen.

1. Die gas- und dampfförmigen, von deren Beschaffenheit am angeführten Orte hinlänglich gesprochen ist.

2. Die theerartigen, die sich aus dem flüchtigen Theile durch Abkühlung verdichten und brenzlich-ölig-harzige Beschaffenheit haben.

3. Die wässerigen, ebenfalls aus dem verflüchtigten Theil verdichtet, aus Wasser und darin gelösten Basen und Salzen (ammoniakalischen) bestehend.

4. Eine ebenfalls aus flüchtig gewesenen Theilen durch deren Zersetzung an den Retortenwänden abgeschiedene feste kohlige Kruste.

5. Der nicht flüchtige Rückstand der Kohle, Cokes, oder bei Destillation von Bogheadschiefern die Schieferasche.

Es wurde schon bemerkt, daß das Verhältniß der Mengen der gasförmigen, flüssigen und festen Producte nicht allein von der Kohle, die der trockenen Destillation unterworfen wird, sondern wesentlich auch von der Temperatur und der Zeit, die auf die Destillation verwendet werden, abhängt. Wir wollen daher vorerst betrachten die Verhältnisse der

156 **Beschickung, Temperatur der Gasretorten, Dauer des Processes.** Man kann im Ganzen sagen, daß man in früherer Zeit langsamer und bei niedrigerer Temperatur arbeitete als gegenwärtig. Es ist gewiß, daß die Destillation von Kohlen, wie die des Torfes, Holzes u. s. w. bei niedrigerer Temperatur, z. B. einer solchen, die nur die Dunkelrothglühhitze erreicht, verhältnißmäßig mehr flüssige, d. h. leicht condensirbare Producte (Theer und Theerwasser) liefert als Gase. Von einer solch niedrigen Temperatur muß also beim Gasbereitungsprocesse abgesehen werden. Man weiß andererseits, daß die schweren Kohlenwasserstoffe in höherer Temperatur zersetzt werden in sich abscheidenden Kohlenstoff (gewöhnlich daneben auch Theer) und leichten Kohlenwasserstoff (Grubengas) oder Wasserstoffgas. Daß die letzteren wenig leuchtend sind, ist oben angegeben worden, ihre Bildung in größerer Menge als eben gerade unvermeidlich ist, muß daher vermieden werden. Weil diese Zerlegung in Hellrothglühhitze vor sich geht, glaubte man diese vermeiden zu müssen, und setzte darum, um doch eine nicht zu geringe Gasmenge aus der Kohle zu erzeugen, die Destillation etwas länger fort.

Gegenwärtig, besonders seit der etwas allgemeiner werdenden Einführung von Thonretorten, giebt man ohne Scheu eine der Weißglühhitze ziemlich nahe kommende Temperatur. Die Retortenwände erscheinen beim Oeffnen stark hellrothglühend. Daß Zersetzung der entwickelten Gase hierbei stattfindet, ist freilich nicht zu leugnen, man erkennt dies an der Kruste im Retortengewölbe, die aus Kohlenstoff besteht, der sich aus den entwickelten Gasen durch Berührung mit der heißen Wand abschied.

Es kann aber nur die geringste Menge des erzeugten Gases mit der Retortenwand in Berührung kommen, daher der Verlust nur klein sein gegenüber dem Verlust an Arbeitszeit und an Qualität des Gases, der bei langsamerer Destillation resultirt. Die Gasingenieure sind nicht übereinstimmender Meinung über die Qualität des Gases, das bei sehr hoher Hitze erzeugt wird. Einzelne behaupten, diese sei etwas geringer als die eines bei etwas niedrigerer Temperatur gewonnenen Gases. Es werde etwas mehr Gas aber geringeres erzeugt, und somit seien die Thonretorten, in welchen immer bei höherer Temperatur gearbeitet werde, zwar ein Vortheil der Gasfabrik, aber ein Nachtheil für den Consumenten.

Es kann nicht wohl viel Sicheres über das Kohlequantum gesagt werden,

das für die einzelne Beschickung gebraucht werden darf, da die Retorten allzuverschieden in Größe sind. Von sehr backenden Kohlen läßt sich so viel aufgeben, daß die Cokes den ganzen Raum der Retorte ausfüllen. Die Beschickung der einzelnen Retorte beträgt $1^1/_4$ bis 2 Centner Kohle.

Hinsichtlich der auf das Abtreiben einer Retorte zu verwendenden Zeit hat man sich einerseits an die Aufgabe zu halten, die Kohle möglichst auszunutzen, andererseits aber an folgende unbestreitbare Erfahrung:

Henry fand, daß sowohl der Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen als das specifische Gewicht des während eines zehnstündigen Betriebs aus einer Retorte sich entwickelnden Gases gegen Ende dieser Zeit wesentlich abnahm, daß dagegen der Gehalt an Wasserstoff beträchtlich stieg.

Ganz übereinstimmende Resultate erhielt Professor O. L. Erdmann in Leipzig, der zwar nur das specifische Gewicht des in verschiedenen Stadien des siebenstündigen Destillationsprocesses entwickelten Gases untersuchte, welches aber, wie wir später sehen werden, ziemlich sichere Andeutung über die Zusammensetzung und somit die Leuchtkraft des Gases giebt. Langsame Führung der Destillation und niedrige Temperatur haben also zur Folge, daß die leuchtenden Gase vorzugsweise am Anfang gebildet werden, und zwar werden sie noch dazu nicht ganz vollständig erzeugt, weil viel condensirbares, was wieder zu Theer wird, sich bei niedriger Temperatur verflüchtigt. Im späteren Verlauf der Erhitzung wird mehr von denjenigen Gasen erzeugt, welchen eine starke Leuchtkraft nicht zukommt.

Es ist also die Qualität des Gases und, weil sich mehr Theer bildet, auch dessen Quantität durch einen solchen Gang des Processes beeinträchtigt. Aber noch ein weiterer Umstand, welcher die ökonomischen Fragen auf einer anderen Seite berührt, tritt ein.

Nach Untersuchungen von Pekstone, Barlow und von Erdmann steht fest, daß bei länger fortgesetzter Destillation gegen Ende derselben auf einen gegebenen Zeitverlauf weniger Gas producirt wird als im Beginn der Destillation.

Es fand Barlow, daß Newcastlekohle (backende), in einer kleinen Gasretorte destillirt, bei 26 bis 41 Stunden fortgesetzter Erhitzung zur Erzeugung von 10 Kubikfuß Gas brauchte:

a) bei niedriger Temperatur	b) bei starker Erhitzung
2 Stund. 44 Min.	2 Stund. 1 Min.
3 » 4 »	2 » 17 »
3 » 32 »	2 » 27 »
3 » 45 »	2 » 41 »
4 » 0 »	2 » 57 »
4 » 29 »	3 » 9 »
4 » 48 »	3 » 16 »
4 » 50 »	3 » 32 »
4 » 52 »	4 » 10 »
4 » 36 »	26 Stund. 30 Min.
40 Stund. 40 Min.	

Es wurde also im Versuche a), worin 10 Kubikfuß Gas gewonnen wurden, für die erste Hälfte 77 Stund. 25 Min., für die zweite Hälfte 23 Stund. 35 Min., und also annähernd eine diesem Zeitverbrauch entsprechende Menge Heizmaterial verwendet. Beim Versuch mit hoch erhitzten Retorten brauchte man für die ersten drei Kubikfuß gewonnenen Gases $6^3/_4$, für die letzten drei Kubikfuß beinahe 11 Stunden.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche, welche Professor Erdmann in der Gasanstalt zu Leipzig anstellen ließ; sie geben zugleich Aufschluß über die Abnahme des specifischen Gewichtes.

Beschickung der Retorte mit	Total	Gasproduction in der Stunde							Specifisches Gewicht des Gases von der Stunde					
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
160 Pfund beste Zwickauer Kohle vom Bürgerschacht . . .	653	197	168	160	115	13	—	—	0,64	0,62	—	0,59	—	—
160 » New Pelton Main Kohle von Newcastle . . .	672	158	159	135	124	80	16	—	0,48	0,42	0,38	0,36	0,30	0,27
128 » New Pelton Main Kohle und 32 Pfund Boghead	785	208	170	147	122	90	44	4	0,62	0,57	0,41	0,37	0,34	0,26
160 » ordinäre Zwickauer Pechkohlen	579	117	101	106	86	87	66	16	0,55	0,49	0,47	0,44	0,42	0,32
128 » ordin. Zwickauer Kohlen u. 32 Pfund Boghead .	724	214	191	154	110	45	10	—	0,68	0,64	0,47	0,37	0,47	0,34
160 » ausgelesene beste Zwickauer Kohlen	666	151	127	127	118	83	46	14	0,70	0,47	0,43	0,35	0,34	0,32

Es ist demnach nicht als vortheilhaft zu betrachten, daß man den Destillationsproceß allzulange fortsetze, und es möchte sogar vorzuziehen sein, die letzten Antheile gasförmig austreibbarer Bestandtheile in den Cokes zurückzulassen. Man füllt, bei Tag und Nacht fortgeführter Fabrikation, die einzelne Retorte mindestens viermal, höchstens sechsmal in 24 Stunden. Es influirt natürlich die Menge der Kohle, die man geladen, und auch von der Kohlenart hängt die Dauer des Processes ab.

Versuche werden bei neuen Einrichtungen oder neuen Kohlesorten für diese Verhältnisse bald die richtige Behandlung zeigen.

Es ist nicht unbeachtet zu lassen, daß die zur Speisung der Retorten dienenden Kohlen nicht zu viele Feuchtigkeit enthalten, sie sind daher unter Dach längere Zeit aufzubewahren. Zu Umwandlung des in ihnen befindlichen Wassers in Dampf wird erstens sehr viel Wärme in Anspruch genommen, und zweitens werden diejenigen Wasserdämpfe, welche erst entweichen, nachdem die Kohlen schon glühend geworden sind, zerlegt, und können Anlaß zur Bildung von Kohlensäure, die, wie wir oben sahen, der Leuchtkraft sehr schadet, oder Kohlenoxyd und Wasserstoffgas geben, welches beide nur schwachleuchtende Gase sind.

Das Beschicken der Retorten mit Steinkohlen geschieht in folgender Weise. Der Deckel wird geöffnet und zunächst werden dann die entweichenden Gase angezündet, um Explosion derselben zu vermeiden. Da die Coke gewöhnlich ganz zusammengebacken sind, läßt sich dieser Rückstand leicht mit einem einfachen eisernen Haken, der etwa 2 Fuß länger als die Retorte und mit Griff oben versehen ist, ausziehen. Die glühenden Cokes werden, wenn dies gerade thunlich ist, am besten sofort zur Heizung verwendet. Ist der Rost aber voll Brennmaterial, so werden sie auf einem eisernen Schubkarren in den Hof gefahren und mit Wasser gelöscht. Zum Laden der Retorten dient eine halbcylindrische Blechschaufel von der Länge der Retorte und am Vorderende mit Stiel und Griff versehen. Diese wird mit gewöhnlichen Schaufeln gefüllt. Sie faßt die ganze Ladung einer Retorte. Ein Arbeiter steht am Griff, zwei andere rechts und links an der Schaufel, die sie mittelst eines untergelegten Eisenstabes heben. Sie wird, sobald sie vor der offenen Retortenmündung angelangt ist, ganz in die Retorte eingeschoben und dann um 180° gedreht, so entleert und wieder ausgezogen. Sobald sie entfernt ist, stellt ein Arbeiter den vorher schon am Rande mit Kalk oder Lehmbrei verstrichenen Deckel an das Retortenmundstück, drückt ihn ein und schraubt zu. Man richtet es so ein, daß nie zu gleicher Zeit alle Retorten eines Ofens gefüllt werden, sondern z. B. zwei zusammen, und nachdem diese die halbe Zeit zwischen Füllung und Entleerung im Betrieb geblieben sind, werden die drei anderen eines mit fünf Retorten versehenen Ofens gefüllt.

Zum Füllen, Entleeren, Wegschaffen und Ablöschen der Cokes und Herbeiführen der Kohlen rechnet man in der Regel für einen Ofen aus 5 bis 7 Retorten drei Arbeiter, dazu kommt der Heizer, der jedoch zwei nebeneinander liegende Oefen bedienen kann, aber nach 12 Stunden abgelöst werden muß, so daß auf jeden Ofen ein Heizer zu rechnen ist.

Das Heizmaterial ist in der Regel Coke. Man hat an einzelnen Orten begonnen, den Theer durch besondere Vorrichtungen in dünnem Strahl in den Ofen zu führen, um ihn wieder zu verbrennen, doch sind dies seltenere Fälle. Dagegen mengt man gewöhnlich den Theer mit dem Coke der zur Heizung dienen soll, durch Begießen des letzteren damit. Man darf rechnen, daß zum Heizen der Retorten einer Gasfabrik 30 bis 35 Proc. der durch den Gasbereitungsproceß gewonnenen Cokes verbraucht werden. Die Aufgabe des Heizers ist im Ganzen die nämliche, wie die eines Dampfkesselheizers bei Steinkohlenfeuerung. Bedeckthalten der ganzen Rostfläche mit Brennmaterial, damit nicht kalte Luft in den Feuerraum trete, und häufigeres Befreien des Rostes von der Schlacke, was durch Abstoßen mit eisernen Stangen geschieht, zeitweises vollständiges Reini-

gen des ganzen Heizraumes, Umdrehen der Roststäbe sind seine erheblichsten Arbeiten.

157 Von wesentlichem Einfluß auf die Führung des Destillationsprocesses ist die Substanz der Retorten. Eisenretorten und Thonretorten erfordern insofern eine verschiedene Behandlung, als erstere die Hitze nicht ertragen, die man in letzteren ohne alle Gefahr hervorbringen kann.

J. Church giebt folgende Parallele der Dauer, des Preises und der Leistungen der beiderlei Retorten.

	Eiserne Retorten.	Thonretorten.
	Beide ⌓ Form	
Querschnitt	13 Zoll : 15 Zoll	13 Zoll : 15 Zoll
Länge	$7\frac{1}{2}$ Fuß	$7\frac{1}{2}$ Fuß
Dauer	365 Tage	912 Tage
Menge der im Ganzen verarbeiteten Steinkohlen . . .	2190 Centner	5472 Centner
Gas daraus	985 500 Kubikfuß	2 462 400 Kubikfuß
Gas pro Tonne	9000 Fuß	9000 Fuß
Brennmaterialverbrauch . . .	25 bis 30 Proc.	25 bis 30 Proc. der erzeugten Coke.

Die Anschaffungskosten der Thonretorten sollen um 50 Proc., die Kosten des Einmauerns um 20 Proc. geringer sein als die der eisernen Retorten.

Es finden sich Angaben, nach welchen die Gasausbeute in Thonretorten größer sein soll als in eisernen, und zwar verhalte sie sich wie 9 : 11. Dagegen wird auch von Church in einer späteren Berichterstattung bemerkt, daß der Brennmaterialverbrauch für Thonretorten etwas größer sei. Er betrage für eiserne Retorten 30 Proc., für thönerne 40 Proc. der erzeugten Cokes. Die Rechnung würde sich im letzteren Falle um den Preis der Coke drehen; wo diese theuer sind, möchte der Mehrverbrauch von $\frac{1}{4}$ die übrigen Vortheile aufwiegen können.

158 **Die Nebenproducte** bestehen, wie oben gesagt, aus Theer, Ammoniakwasser, Coke und dem Kohlenabsatz an der oberen Retortenwand.

Was letzteren betrifft, so ist er eher als ein Nachtheil zu betrachten, als daß sein Werth irgend in Betracht käme. Er bildet sich in Thonretorten reichlicher als in eisernen. Doch soll das in minderem Maße bei glatten Wänden als rauhen geschehen. Ist dieser Absatz immer ein Beweis der Zersetzung von Gas, so ist er auch des Umstandes willen nachtheilig, daß er sich schwer aus den Retorten, namentlich den Thonretorten, ihrer leichteren Zerbrechlichkeit wegen, entfernen läßt. Man bricht diese Krusten mit eisernen Stangen heraus oder brennt sie heraus, indem man durch ein in den Retortendeckel gestecktes verschiebbares Eisenrohr Luft auf verschiedene Stellen ihrer Oberfläche leitet. Auch soll man zuweilen in die hintere Wand der Thonretorten eine Oeffnung anbringen, die mit Lehm verstopft gehalten wird, der beim Reinigen der Retorten durchstoßen werden kann. Man darf diese Krusten wegen der Verringerung des Kubikinhaltes der Retorten und wegen der Verminderung der Wärmetransmission nicht allzustark werden

lassen. Dieselben können dienen zur Darstellung von Kohleelementen für die Bunsen'schen Säulen, und zum Heizen.

Die Ausbeute an Theer, ammoniakalischem Theerwasser und Coke fällt sehr verschieden aus. Hier folgen einige Angaben hierüber, die ziemlich die Grenzen nach Maximum und Minimum enthalten werden.

Nach Barlow ergab der englische Centner (112 Pfd. zu 454 Grm.):

	Coke.	Theer.	Ammoniakwasser.	
Newcastle Cannel	71,3	49,15	3	engl. Pfd.
Lesmahago Cannel	54,5	29,7	0,22	» »
Newcastle Cannel	71,8	14,8	0,336	» »
Derbyshire Kohle	66,7	10,9	8,9	» »
Wemy's Cannel	56,22	11,2		

Nach O. L. Erdmann ergab der sächsische Centner (110 Pfd. zu 467 Grm.)

	Coke.	Theer.	Ammoniakwasser.	
beste Zwickauer Kohle . . .	59,8	4,81	10,6	sächs. Pfd.
» » » . . .	63,5	7,9	15,4	» »

Die Cokeausbeute variirt also nach der Art der Kohle und nach der Behandlungsweise zwischen 50 und 75 Proc. Der Theer wird gegenwärtig zur Darstellung von Dachpappen oder wasserdichten Anstrichen benutzt, und vielfach auf Benzin und Anilin verarbeitet und zu diesem Zweck an chemische Productenfabriken geliefert; das ammoniakalische Theerwasser dient zur Darstellung von Salmiak und kohlensaurem Ammoniumoxyd, worüber in Bd. II, 2. Gruppe: »Chemische Producte aus thierischen Abfällen«, das Nähere nachzusehen ist.

Ueber die **Reinigung** des Gases ist schon bei Gelegenheit der Beschreibung 159
der Apparate die Rede gewesen; es mußte dort die trockene und nasse Reinigungsmethode unterschieden werden, und wurde auch der gebräuchlichsten Reinigungsmittel gedacht; wir haben hier hauptsächlich noch von den Mengeverhältnissen, in welchen die Reinigungsmittel anzuwenden sind, und deren Zubereitungsart zu reden.

Die trockene Kalkreinigung. Die fetten Kalke, d. h. die möglichst thonfreien, z. B. Kreide, sind als die zur Gasreinigung geeignetsten anzusehen, dolomitische und mergelige sollen verworfen werden. Die Art des Löschens des Kalkes ist von besonderer Wichtigkeit. Bereitet man ihn mit so viel Wasser zu, daß er eben Kalkhydrat, CaO, HO, bildet, d. h. staubförmig trocken ist, so bemerkt man beim Entleeren der Hürden, daß einzelne trichterartige Oeffnungen entstanden sind, durch welche das Gas strömend entweicht, nachdem es vorher den leichten Kalkstaub weggeblasen hat. Mischt man aber so viel Wasser hinzu, daß der Kalk zu einem, wenn auch steifen Brei oder Teig wird, so klumpt er sich leicht zusammen, läßt sich nicht gleichartig genug auf der Hürde vertheilen und wird zum großen Theil wirkungslos daliegen. Man weiß aus der Erfahrung, z. B. beim Füllen von Gruben zum Aufbewahren gelöschten Kalkes, daß der Kalkbrei rasch trocken wird und sich nach einem Tag Liegens ziemlich gut vertheilen läßt. Diesen Umstand benutzend, wird in einigen Gasfabriken um einen

Tag früher als die Reiniger beschickt werden sollen, der Kalk zu Brei gelöscht und dieser, etwas trockener geworden (was ohne Zweifel nur in einer allmäligen chemischen Bindung der Feuchtigkeit durch Kalktheilchen, die bei dem ersten Zusammenmischen nicht fein genug vertheilt und daher zu wenig mit Wasser in Berührung gekommen waren, besteht), am folgenden Tage verbraucht. Die Uebung ist, den Kalk in einer Schicht von 2 bis 3 Zoll auf den Hürden auszubreiten. In Frankreich ist es Uebung, den Schichten 6 Centimeter Höhe zu geben.

Das Volumen des guten gebrannten Kalkes vergrößert sich beim Löschen nahezu aufs Doppelte. Ein Kubikfuß Kalk kann nach dem Löschen eine Hürdenfläche von 15 bis 18 Quadratfuß auf etwa 6 Centimeter Höhe bedecken. Wie viel Kalk dem Volumen oder Gewicht nach zur Reinigung eines gewissen Volumens Gas gebraucht wird, läßt sich nur sehr ungefähr angeben, weil das abhängt von der Beschaffenheit des Gases sowohl als des Kalkes. Wurm giebt an, für Newcastle Kohle bedürfe es 1 Kubikfuß ungelöschten Kalkes für die Reinigung von 7860 Kubikfuß Gas. Es gehen aber die Angaben bis zu 14,000 Kubikfuß Gas für 1 Kubikfuß Kalk. Ein Kubikfuß (27 Cubikdecimeter) gebrannter Kalk kann annähernd ein Gewicht von 60 Pfd. (à 500 Grm.) haben. Der Centner gebrannten Kalkes würde demnach (Hohlräume mitgerechnet) einen Raum von $1^2/_3$ Kubikfuß einnehmen.

Als das Mittel darf man 12000 Kubikfuß Gas auf 1 Kubikfuß gebrannten Kalk oder auf je 1000 Kubikfuß Gas 5 Pfd. ungelöschten Kalk annehmen. Diese Rechnung giebt aber noch keine Anhaltepunkte über die Größe der Fläche, welche man den Kalkschichten oder den Hürden zur Reinigung einer gewissen täglichen Production geben soll, weil man nicht annehmen darf, die benannten 1000 Kubikfuß Gas werden mit den 5 Pfd. Reinigungsmittel in so langdauernde und innige Berührung kommen, daß sie alle durch den Kalk entfernbaren schädlichen Bestandtheile verlieren. Soll der Kalk möglichst vollständig ausgenutzt werden, so muß er noch auf den Hürden bleiben, während Gas durchströmt, das er vollständig zu reinigen nicht mehr im Stande ist. Man hat mit Beachtung des Umstandes, daß ein Theil der Hürden oder Reiniger zeitweise außer Thätigkeit gesetzt werden muß, bis sie entleert und wieder neu gefüllt sind, sich so einzurichten, daß höchstens zwei Drittheile der Reiniger ausreichen, um das Gas, was gerade producirt wird, völlig zu reinigen, und diese $^2/_3$ benutzter Reinigungsoberfläche muß immer noch so groß sein, daß ein Theil derselben mit beinahe ausgenutztem Kalke belegt sein darf und der Rest zur vollständigen Reinigung ausreicht.

In einem Reiniger sind 3 bis 6 Hürden oder Roste. Nach Obigem sollen bei continuirlichem Betrieb drei Reiniger wenigstens vorhanden sein, von welchen zwei, z. B. Nr. 1 und 2, oder 2 und 3, oder 3 und 1 zusammen in Thätigkeit sind. Je größer die Anzahl der Hürden, um so geringer braucht begreiflicherweise deren Querschnitt oder der Querschnitt des Reinigers zu sein. Es ist aber nicht gleichgültig, ob ich einen Reiniger vom Querschnitt = 2 mit drei Hürden oder einen vom Querschnitt = 1 mit 6 Hürden anwende. Im ersteren wird sich das Gas langsamer durch die Kalkschichten bewegen, und dies ist als ein Vor-

theil anzusehen. In neueren englischen und deutschen Gasanstalten sieht man daher meist Reinigungsapparate von ziemlich großer Oberfläche.

Für 10000 Kubikfuß täglich producirten Gases kann als der geringste Querschnitt des Reinigers 5, der höchste 10 Quadratfuß bei drei über einander befindlichen Hürden, bei sechs Hürden aber der geringste 2,8, der höchste 5,6 Quadratfuß angesehen werden. Die Minimal- oder Maximalangabe ist je nach der Beschaffenheit der Kohle zu wählen. In den französischen Gasanstalten sind mehr trockene Reiniger von rundem Querschnitt im Gebrauch. Man rechnet 1 Quadratmeter Querschnitt des Reinigers auf 1258 Kilogramm Kohle.

Der Kalk nimmt einen sehr unangenehmen Geruch namentlich dann an, wenn nicht für Entfernung des Ammoniaks aus dem Gase gesorgt ist, ehe es durch die Kalkreiniger strömt (s. S. 215). Dieser Geruch erfolgt aus der Reaction des Schwefelcalciums auf das kohlensaure Ammoniumoxyd. Es bildet sich Schwefelammonium, welches durch Verbinden des zur Entleerung bereiten Reinigers mit dem Schornstein und Durchtreiben von Luft nach Evan's Patent größtentheils entfernbar sein soll; wahrscheinlich wirkt die Luft auch durch Bildung von unterschweflig- und schwefligsaurer Kalkerde.

Die nasse Kalkreinigung ist jetzt wenigstens in englischen und deutschen Gaswerken selten geworden, die Gründe sind oben bei der Beschreibung der Reiniger angeführt; in französischen Gasanstalten trifft man immer noch ziemlich viele nasse Reiniger. Ihre Nachtheile und Vorzüge sind oben (S. 215) auseinandergesetzt.

Die Verdünnung der Kalkmilch, wie sie gebraucht wird, entspricht 1 Maß gebrannten Kalkes auf 6 Maß Wasser. Oder (weil man nicht für jede Füllung besonders löscht) 1 Maß mit 3 Maß Wasser gelöschten Kalkes auf 3 Maß Wasser. Man richtet ein Becken zur Darstellung der Kalkmilch ein, dessen Boden höher liegt als das Flüssigkeitsniveau in den Reinigern, so daß man die Kalkmilch leicht in die Reiniger ausfließen lassen kann.

Man nimmt in französischen Gasanstalten an, daß ein Reiniger, der 1500 Liter Kalkmilch von genannter Stärke enthält, im Stande sei, nahezu 2 Millionen Liter = 74074 Kubikfuß (à 27 Liter) Gas zu reinigen. Die Höhe der Flüssigkeitssäule, die das Gas durchbrechen muß, beträgt 17 bis 20 Centimeter ($5^2/_3$ bis $6^2/_3$ Zoll à 3 Centimeter).

Man hat wenigstens zwei Reiniger, durch die das Gas successiv streicht, in Thätigkeit, und zwei andere sind vorhanden, wovon der eine gefüllt ist, um beim Versagen des Dienstes eines der functionirenden eingeschaltet zu werden, während der vierte entleert und wieder zur Füllung vorbereitet wird. Man hat hier wie bei den trockenen Reinigern Hahnen oder den »Wechsler«, um die Reihenfolge des Ein- und Ausschaltens leicht und sicher einhalten zu können.

Die Reinigung mittelst Kalk und gleichzeitiger Anwendung von Eisensalzen nach den Vorschlägen von Laming. 160 Die Mengenverhältnisse der einzelnen Substanzen, aus welchen Laming's Reinigungsmittel zusammengesetzt ist, sind gleiche Gewichtstheile Kalk, Eisenvitriol und Sägespäne. Der Kalk wird zu staubig trockenem Hydrat gelöscht, mit den Sägespänen

in einem flachen Kasten wohlgemengt und dann allmälig unter beständigem Fortfahren mit Herumarbeiten behufs der innigen Mengung mit der nicht zu verdünnten Eisenvitriollösung begossen, bis diese letztere ganz gleichmäßig darin vertheilt ist. Es bildet sich nach mehrstündigem Liegenlassen an offener Luft Gyps und Eisenoxydhydrat, was sich am mehr und mehr Dunkelbraunwerden der Masse zu erkennen giebt.

Wie viel von diesem Mittel auf eine gewisse Menge Gas gebraucht werde, läßt sich nicht nach einer allgemeinen Regel bestimmen, weil die verschiedenen Gaskohlen sehr verschiedenen Schwefelgehalt haben. Schilling giebt an, daß in der Münchener Gasanstalt 2 bis 3 Kubikfuß der Laming'schen Masse zur Reinigung von 1000 Kubikfuß Gas aus Zwickauer Kohlen gebraucht werden. Es ist oben schon als der wesentlichste Vorzug der Laming'schen Methode bemerkt, daß sich die Masse sehr häufig regeneriren läßt, indem das Schwefeleisen durch Lufteinfluß zu schwefelsaurem Salz und dieses unter Gypsbildung und Eisenoxydabscheidung zerlegt werde. Um Erhitzung zu vermeiden, ist nöthig, der Masse die Luft nicht zu rasch zuzuführen und dieselbe nicht allzusehr auszubrauchen, d. h. nicht alles Eisenoxyd zu Schwefeleisen werden zu lassen. Die Möglichkeit wiederholten Gebrauchs der Masse und ihre Lockerheit, vermöge deren sie sehr geringen Druck auf das durchströmende Gas ausübt, sind große Vorzüge derselben. Um die Absorption der Kohlensäure durch die mehremale regenerirte Laming'sche Masse zu sichern, ist zu rathen, daß eine Hürde (die letzte) mit Kalk angewendet werde.

161 **Die Regulirung des Druckes in dem Gasbehälter** ist eine Sache von Wichtigkeit. Beim Füllen des Gashalters ist zu sorgen, daß das Gas nicht einen allzustarken Druck zu überwinden hat, und beim Absenden des Gases in die Brenner muß für geeigneten und gleichmäßigen Druck gesorgt werden können. Kleine Gasanstalten arbeiten zuweilen ohne alle Druckregulatoren; bei solchen ist es um so wichtiger, die Gasbehälterglocke zu beliebigem Druck benutzen zu können.

Zuerst muß ins Auge gefaßt werden, daß die aus Eisenblech gefertigte immer mit eisernen Streben versehene Glocke einen sehr verschiedenen Druck auf das Gas ausübt, je nachdem viel oder nur noch wenig Gas vorhanden ist. Im letztern Falle taugt dieselbe tiefer in das Absperrwasser; es hat sich daher ihre Last vermindert, oder vielmehr es wird, nach hydrostatischen Gesetzen, ein größerer Theil derselben getragen. Um die Gashalterglocke in allen Lagen gleich schwer zu halten, kann eine Kette dienen, die, über Rollen geschlagen, an den Leitpfeilern des Gashalters herabhängt, und sich auf dieser Seite verlängert, wenn die Glocke steigt, verkürzt, wenn sie sinkt. Um zu bestimmen, wie schwer etwa diese Kette zu wählen ist, diene folgende Ueberlegung. Es sei E das Gewicht eines fußhohen ringförmigen Abschnittes des Gashalters, das specifische Gewicht des Schmiedeeisens S. Es sei ferner a das Gewicht des Wassers, das durch das Tiefersinken der Gashalterglocke um 1 Fuß verdrängt wird, dann ist $S : 1{,}000 = E : a$, also $a = \frac{E \,.\, 1{,}000}{S}$.

Weil nun beim Steigen der Gashalterglocke um einen Fuß 1 Fuß der Kette von dem Ende, woran die Glocke hängt, abgewunden, dagegen aber 1

Fuß auf die freihängende Seite gezogen, das Gewicht also um 2 Fuß Kettenlänge verändert wird, wird eine Kette, von welcher ein Stück von ein Fuß Länge $\frac{E.\,1{,}000}{2\,.\,S}$ wiegt, den äquilibrirenden Dienst versehen.

Es sei z. B. ein Gashalter von 80 Fuß Durchmesser aus Eisenblech, wovon der Quadratfuß 4,5 Pfd. wiegt,

dann haben wir 80 × 3,14 × 4,5	= 1130,4 Pfund
für übergreifende Streifen, Nietbolzen u. s. w.	= 200,0 »
das Gewicht von 1 Fuß Höhe der Glocke ist dann . . .	= 1330,4 Pfund.

Ist nun das specifische Gewicht des Eisens = 7,7, so wird die Kette pro Fuß $\frac{1330{,}4}{2 \times 7{,}7} = 86{,}36$ wiegen müssen, weil dies Gewicht die Hälfte desjenigen des durch das Eisen verdrängten Wassers ist.

Es versteht sich von selbst, daß man, anstatt einer einzigen, drei Ketten über drei Rollen an drei Pfeilern geschlagen, jede von $1/3$ des auf obige Weise berechneten Gewichtes anwenden kann. Verglichen mit dem Gewicht der ganzen Gashalterglocke ist diese Abnahme oder Zunahme gering, so daß gewöhnlich das corrigirende Mittel nicht angebracht wird.

Man wolle aber finden, wie groß der Druck sei, den eine Gashalterglocke auf das eingeschlossene Gas ausübt. Man denkt sich für diese Berechnung die Glocke gänzlich aus dem Wasser gehoben, also mit ihrem ganzen Gewichte wirkend. (Für jede andere Stellung übernimmt die erwähnte Kette den Dienst des Gleicherhaltens des Gewichtes der Glocke, oder es wird die Gewichtsverminderung beim Tiefereinsinken vernachlässigt.)

Es sei W das Gesammtgewicht der Glocke, A sei deren Quadratoberfläche in Fußen; der Druck auf einen Quadratfuß ist dann $= \frac{W}{A}$. Man drückt dieses gewöhnlich so aus, daß man sich eine Wassersäule vom Querschnitt der Glocke und einer Höhe denkt, deren Gewicht gleich dem der Glocke ist, man sagt also z. B. der Druck ist gleich 1, 2, 3 Zoll Wassersäule. Auch hier nimmt man in deutschen Gasanstalten am häufigsten den englischen Zoll als Maßeinheit. Es sei W das bekannte Gewicht der Glocke in deutschen Zollpfunden (à 500 Grm.). Ein Kubikfuß (englisch) Wasser wiegt 56,6 Pfund. Der Druck einer Wassersäule von 1 Zoll Höhe ist also auf einen Quadratfuß $= \frac{56{,}6}{12''\text{ engl.}} = 4{,}716$ Pfd. Und in englischen Zollen Wassersäule ausgedrückt beträgt der Druck der Glocke, die ein Gewicht $= W$ hat, pro Quadratfuß $= \frac{W}{4{,}716 \times A}$.

Die Oberfläche A der Glocke von 80 Fuß Durchmesser ist $= 40 \times 40 \times 3{,}14 = 5024$ Quadratfuß. Ihr Gewicht W sei = 1000 Centner = 100,000 Pfund. Dann ist ihr Druck in Zollen Wassersäule pro Quadratfuß $= \frac{100{,}000}{5024\,.\,4{,}716} = 3{,}91$ Zoll. Die Glocke würde also mit einem Druck von 3,91 englischen Zoll auf die Gasmasse wirken. Streng genommen müßte auch

noch darauf Rücksicht genommen werden, daß das Leuchtgas ein geringeres specif. Gewicht hat als die Luft, daher ein Bestreben, die Glocke zu heben. Es mußte also der Effect, der aus dem Unterschied des Gewichtes des im Gashalter befindlichen Gases und eines gleichgroßen Luftvolumens resultirt, von dem ganzen Druck abgezogen werden, was jedoch für die Praxis immer unterlassen wird. Aus Gashaltern, die mit einem Druckregulator verbunden sind, kann man mit einem Druck von 3 Zoll engl. das Gas ausströmen lassen. Bei solchen, die das Gas vor dem Verbrauch noch in einen anderen Gasbehälter strömen lassen, darf man selbst noch etwas höheren Druck anwenden. Kleinere Gasbehälter ohne Druckregulator sollen jedoch in der Regel nur mit einem Druck = 2 Zoll engl. wirken. Wenn man also beispielsweise obigen Gashalter mit einem Druck von nur 2 Zoll wirken lassen wollte, so müßte ein Gegengewicht angebracht werden, um einen Theil seines Druckes aufzuheben. Dann haben wir 100,000 — 4,716 . 5024 . 2 = 52,074 Pfund als das erforderliche Gegengewicht.

Ganz allgemein, wenn wieder W das Gesammtgewicht in Zollpfunden und n die Anzahl Zolle einer Wassersäule ist, unter deren Druck man das Gas ausströmen lassen will, so ist $W - 4{,}716 \cdot A \cdot n = G$ das Gegengewicht. Bei solch großen Gashaltern wie derjenige unseres Beispiels fehlt ein Druckregulator niemals, es ist deshalb, auch wenn sein Gewicht etwas groß ist, doch selten nöthig, den Druck durch sehr schwere Gegengewichte zu vermindern.

162 **Notizen für Buchführung und Calculation.** Es können hierüber einige allgemeinere Angaben von Nutzen sein. Man trifft in der Praxis diesen Theil der Geschäftsführung sehr verschieden behandelt.

Das wichtigste Element zur Beurtheilung des Standes der Geschäfte zu jeder beliebigen Zeit ist eine geordnete Aufzeichnung aller Bewegungen im Material, d. h. Ab- und Zugang der Rohstoffe und Umwandlung derselben in Haupt- und Nebenproducte nach Maß und Gewicht. Diese Daten sind, soweit es möglich ist, täglich aufzuzeichnen und es hat der Gasmeister einen Rapport darüber an das Bureau zu geben. In diesen Tabellen bleibt außer Frage der Preis der angeschafften und verbrauchten Materialien und der der verkauften oder vorräthigen Producte. Sie dienen einerseits nach Eintragung der Preise als Basis und Bestandtheil der Bilanzen, die im Monats- oder Jahresschluß gezogen werden, andererseits zur Beurtheilung des zu erwartenden Consums in der gleichen Jahreszeit künftiger Jahre, und endlich zur Ausfindigmachung von Betriebsmangelhaftigkeiten, Werthermittelung der Rohmaterialien u. s. w.

Die Rohmaterialien, die gebraucht werden, sind:

1) Steinkohle oder Boghead zur Destillation;
2) Holz, Steinkohle, Braunkohle zur Retortenheizung;
3) Holz, Steinkohle, Braunkohle zur Dampfkesselfeuerung, wenn ein Exhaustor mit einer Dampfmaschine zu betreiben ist;
4) Holz, Steinkohle, Braunkohle 2c. zur Verdampfung von ammoniakalischen Wassern, falls diese nicht, ohne weitere Verarbeitung, an chemische Fabriken verkauft werden;
5) Reinigungsmittel, gebrannter Kalk u. s. w.

Die Producte sind:

1) Gas,
2) Coke,
3) Ammoniakalische Theerwasser,
4) Theer,
5) Gaskalk, insofern nicht ein anderes Reinigungsmittel gebraucht wird und der Gaskalk verkäuflich ist.

Das erzeugte Gas wird an der Betriebsgasuhr (Betriebscompteur) gemessen. Aber zu weiterer Benutzung der Tabelle wird in sie auch aufgenommen der Stand der Gasbehälter, und je nach diesem zu dem Tageserzeugniß an Gas das hinzugerechnet, was an dem gestrigen Vorrath abging, oder abgezogen, was mehr vorräthig ist als am Tage vorher, um zugleich den täglichen Consum zu bestimmen, soweit dies durch das nur beiläufige Mittel der Höhenmessung der Gasbehälterglocken geschehen kann. In einigen Fabriken wird die producirte Gasmenge, die immer warm, also etwas verdünnt und voluminöser durch den Betriebszähler geht, auf diejenige reducirt, die sich vermöge der Mitteltemperatur des Tages ergiebt; in den meisten Fabriken aber wird dies unterlassen.

Eine solche Tabelle der täglichen Betriebsergebnisse kann ferner Notizen enthalten über die Zahl der beschäftigten Arbeiter und die Art der von ihnen besorgten Geschäfte. Insofern als der Aufwand an Betriebskraft wechselnd ist, ist es ganz gerechtfertigt, diese in anderer Weise in die Calculation aufzunehmen, als die auf das Ganze sich gleichmäßig vertheilenden Auslagen für Zinsen des Anlage- und Betriebscapitals, Steuern u. s. w.

Aus den täglichen Rapporten wird die Tabelle für den Monat zusammengestellt, die Einrichtung einer solchen Tabelle läßt sich natürlich sehr verschieden treffen; in dem auf umstehender Seite folgenden Schema ist ein Beispiel gegeben.

Monat

Tag.	Ab- u. Zugang von Gas.			Materialverbrauch										Producte.				Arbeiter.
	Stand der Betriebsgasuhr, Kubikfuß.	Inhalt der Gasbehälter, Kubikfuß.	Gasverbrauch, Kubikfuß.	zum Vergasen.		zur Heizung						zur Reinigung.		Gas, Kubikfuß.	Coke*).	Ammoniakwasser.	Theer.	
						der Retorten.		d. Dampfkessels f. d. Exhaustor.		Abdampfen von Theerwasser.								
				Steinkohle. ℔	Boghead. ℔	Steinkohle. ℔	Holz. ℔	Steinkohle. ℔	Holz. ℔	Steinkohle. ℔	Holz. ℔	Kalk. ℔	Eisenvitriol.		℔		℔	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		

*) Coke werden in der Regel, und zuweilen auch Theer, zum Heizen der Retorten gebraucht. Es gewährt den klarern Einblick in den Betrieb, wenn die beiden Nebenproducte ganz in der Production aufgezählt werden und im Materialverbrauch ebenfalls wenigstens annäherungsweise der Theil davon, welcher unter den Retorten verbrannt wird. Zur Berechnung der Gestehungskosten ist es gleichgültig, ob der Verbrauch dieser Producte von ihrer Gesammtproduction abgezogen und in die Materialverbrauchsrechnung aufgenommen wird, oder nur der bleibende Rest in der Production figurirt. Im ersteren Falle werden sie mit dem Preis in die Materialien aufgenommen, zu welchem sie verkäuflich sein würden. Aber z. B. zur Aufhellung des Verhältnisses des consumirten Heizmaterials zur Gasproduction oder der Leistungsfähigkeit einer Ofenconstruction einer Retortenart gegen eine andere ist es nicht unwichtig, diese Producte an beiden Orten der Tabelle aufzuführen.

Die Calculationen zerfallen in monatliche und Jahresrechnungen. Es sind in dieselben nicht nur zu den obigen summirten Ansätzen die Preise hinzuzufügen und so Ausgabe und Einnahme zu berechnen, ferner die Verwaltungskosten, Capitalzinsen, Reparaturen und Steuern aufzunehmen, sondern auch der Gasverlust zu beachten, in den Jahresrechnungen ferner die Verluste an Consumenten u. s. w. aufzunehmen. Man wird nicht alle Posten in die Monatscalculationen aufnehmen, die in der Jahresrechnung nicht fehlen dürfen.

Die Metallwerkstätte, die mit jeder Gasfabrik verbunden ist, arbeitet theils für die Gasabnehmer bei Neuanlagen und Reparaturen von Wohnhausbeleuchtungen u. s. w., und macht theils für die Fabrik Reparaturen u. s. w.

Es vereinfacht das Rechnungswesen, wenn für ein solches Hülfsinstitut besondere Rechnung in getrennten Lagerbüchern geführt und dessen Dienstleistungen für die Gasfabrik besonders verrechnet werden.

Das Jahresergebniß, der Gewinn, den es veranlaßt, wird am Schluß der Rechnung zu dem geschlagen, den die Gasproduction ergiebt.

Eine Rechnungsstellung wird etwa Folgendes zu umfassen haben:

A. Gasproduction.	Kubikfuß.	Kubikfuß.
Stand der Fabrikationsgasuhr		
Stand derselben am Schluß des vorigen {Jahres . . / Monats . .		
Differenz		
Stand der Gasbehälter.		
Stand der Gasbehälter am Schluß des vorigen {Jahres / Monats		
Unterschied . . . . {− / +		
Daher wurden im {Jahr / Monat} fabricirt		
B. Gasverbrauch.		
1) Straßenlaternen, Brennstunden, à Kbf.		
2) Privatlaternen, » à Kbf.		
3) Privatbeleuchtung nach den Gasuhren		
4) Extrabeleuchtung, Brennstunden, à Kbf.		
5) Verbrauch in der Gasfabrik		
Gesammtverbrauch		
Verlust durch Entweichung, Condensation u. s. w. . .		
Der Verlust beträgt in Procenten der Production . .		

C. Ausgaben.	Franken. Thaler. Gulden.
1) Pfd. Steinkohlen zum Vergasen, à	
2) Pfd. Boghead, à	
3) Brennmaterial unter den Retorten:	
Klafter, à	
Pfund, à	
4) Brennmaterial unter dem Dampfkessel	
5) Desgl. zum Abdampfen von Theerwasser	
6) Reinigungsmaterial:	
Pfd. Kalk, à	
Pfd. Eisenvitriol, à	
7) Gasverbrauch in der Fabrik (vide B.)	
8) Brennmaterial in den Zimmern der Fabrik . . .	
9) Arbeitslöhne	
10) Capitalzins	
11) Gehalte	
12) Steuern	
13) Bureaukosten	
14) Reparaturen:	
a) in der Fabrik	
b) an Laternen	
c) an der Röhrenleitung	
15) Fabrikutensilien, Anschaffung	
16) Unvorhergesehenes	
Summa der Ausgaben	

D. Einnahmen.	Franken. Thaler. Gulden.
1) Städtische Beleuchtung laut B.	
2) Privatlaternen laut B.	
3) Privatbeleuchtung laut B.	
4) Extrabeleuchtung laut B.	
5) Cokesverkauf	
6) Vorrath an Theer und Cokes	
7) Theerwasser oder Producte daraus	
8) Gaskalk	
Summa der Einnahmen	

Macht man monatlich eine vollständige Berechnung aller Einnahmen und Ausgaben, bei letzteren die allgemeinen Kosten zu $^1/_{12}$ mitgerechnet, so ergeben sich zuweilen in den Monaten des geringsten Consums nicht nur keine Ueberschüsse, sondern Rückschläge der Einnahmen gegen die Ausgaben. Es gewährt die Kenntniß des erfahrungsmäßigen in Procenten vom Ganzen ausgedrückten Consumes der einzelnen Monate Anhaltepunkte zu verschiedenen praktischen Schlüssen, die der Dirigent einer Gasfabrik und andere Interessenten zu ziehen haben (z. B. über Anschaffung von Material, voraussichtliche Cassaeinzüge, passende Zeit zu Reparaturen u. s. w.); deshalb lassen wir, obgleich natürlich genaue Uebereinstimmung unter einzelnen Orten nicht möglich ist, hier eine Uebersicht dieser Verhältnisse folgen, wie sie sich in zwei deutschen Städten ergaben.

Es betrug der monatliche Consum an Gas:

	in A.	in B.	
Januar	15,40	13,65	Proc. vom Jahresconsum
Februar	11,40	10,05	» » »
März	8,90	7,36	» » »
April	5,42	6,45	» » »
Mai	2,96	4,50	» » »
Juni	2,16	3,18	» » »
Juli	2,23	3,36	» » »
August	3,61	5,35	» » »
September	6,90	7,23	» » »
October	10,58	10,44	» » »
November	14,34	11,85	» » »
December	16,10	14,58	» » »

Der wegen seiner zahlreichen wohlgelungenen Holzgasfabrikanlagen vielgenannte erfahrene Gasingenieur Riedinger in Augsburg stellt eine Regel über den Rapport zwischen dem Jahresconsum und dem Maximalverbrauch, der, abgesehen von Extrabeleuchtung, vorkommen kann, auf. Es wird der Jahresconsum durch 365 dividirt, und dieser mittlere Tagesverbrauch mit 2 oder höchstens 2,5 vermehrt, um den Verbrauch zu erfahren, den man in der längsten Nacht zu gewärtigen hat.

Gasbereitung aus anderen Materialien.

Die Gasbereitungsmethoden, die sich theilweise oder gänzlich anderer Ma- 163
terialien als der Steinkohlen bedienen, und mittelst deren zusammengenommen wohl kaum 10 Procent des gegenwärtig zur Beleuchtung gebrauchten Gases producirt werden, lassen sich in einige Hauptgruppen abtheilen.

1. Leuchtgas, durch Wasserzersetzung erzeugt, welches a. ohne Beimischung, oder b. nach Imprägnirung mit flüchtigen leuchtenden Stoffen verbrannt wird.

2. Atmosphärische Luft durch Zumischung gas- oder dampfförmiger Leuchtmaterialien leuchtend gemacht.

3. Gasgemenge, durch Zersetzung von a. fetten Oelen (Seifenwassern,

Swinter), b. flüchtigen Oelen (Schieferöl), c. Harz, d. Holz, e. Torf, f. Braunkohle.

164 Die Leuchtgaserzeugung durch Wasserzersetzung geht von der Wahrnehmung aus, daß Wasserdampf, bei Rothglühhitze über Kohlen geleitet, zersetzt wird in freiwerdenden Wasserstoff und Kohlenoxyd, wenn zu wenig Wasserdampf vorhanden, oder Kohlensäure, wenn sich der Wasserdampf im Ueberschuß findet. Widersprüche, die sich unter den Technikern erhoben über die Bedingungen, unter welchen Kohlenoxyd oder Kohlensäure gebildet wird, scheinen in der Ansicht ihre Lösung zu finden, daß beim Zusammentreffen von 1 Aeq. glühender Kohle mit 1 Aeq. Wasser in Dampfgestalt Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas gebildet werden, die sich aber bei neuem Zutritt von Wasserdampf in einer der Rothglühhitze nahen Temperatur weiter zerlegen unter Bildung von Wasserstoff und Kohlensäure:

$$HO + C = H + CO$$
$$HO + CO = H + CO_2$$

daß aber umgekehrt, wenn durch einen starken auf glühende Kohlen treffenden Dampfstrom Wasserstoff und Kohlensäure gebildet werden und dieses Gemenge in Berührung bleibt mit glühender Kohle, aus der Kohlensäure sich unter Kohlenstoffaufnahme Kohlenoxyd bilde.

Da das Kohlenoxyd, ein erstickend wirkendes Gas, dessen Leuchtkraft gering ist, durch die gewöhnlichen Reinigungsmittel nicht entfernt werden kann, ein Umstand, der vielfach zur Discreditirung der auf diese Weise erzeugten Gasgemenge benutzt worden, hat sich das Bestreben derer, welche solches Gas einzuführen bemüht waren, meist dahin gerichtet, das Kohlenoxyd möglichst in Kohlensäure umzuwandeln, und diese durch die gewöhnlichen Reinigungsmethoden zu entfernen.

Ein Gasgemenge aus gleichen Aequivalenten Wasserstoff und Kohlenoxyd enthält 50 Volumprocente von jedem der beiden Bestandtheile, und dem Gewichte nach beinahe 94 Procente von letzterem Gas, eine freilich sehr große, im gewöhnlichen Leuchtgas nicht vorkommende Menge. Durch Zerlegung eines solchen Gemenges bei Hinzutritt eines zweiten Aequivalents Wasser in Dampfgestalt wird ein Gemisch erzeugt, worin 66,6 Volumina Wasserstoff auf 33,3 Volumina Kohlensäure enthalten sind. Diese Kohlensäure ist durch die gewöhnlichen Reiniger mit Kalk zu entfernen, nicht vergessen darf man aber, daß hierzu eine große Menge Kalk in Anspruch genommen und der Betrieb dadurch stark belästigt wird. Es begreift sich, daß ein vollständiger Ausschluß des Kohlenoxydes bei einem in größerem Maßstabe ausgeführten Proceß nicht möglich ist, wir werden erfahren, wie groß die Menge desselben im Durchschnitt sei.

Weder Wasserstoff noch Kohlenoxydgas leuchten; um sie zur Beleuchtung zu benutzen, sucht man durch ihre Verbrennung zu bewirken, daß sie feste Körper im Innern der Flamme zur Weißgluth erhitzen. Hier gehen die verschiedenen Vorschläge aus einander.

a. Wasserstoffgasbeleuchtung nach Gillard.

Schon um das Jahr 1850 hat Gillard diese Beleuchtungsart in Passy

bei Paris und in einigen Privatetablissements in Paris eingeführt. Er bereitete anfänglich das Wasserstoffgas durch Einströmenlassen von Wasserdampf in stehende Retorten, die mit Eisendrehspänen locker gefüllt und zum Hellrothglühen erhitzt waren. Das Eisenoxyd reducirte er in den eben für den Dampfstrom geöffnet gewesenen Retorten durch Einleiten von Kohlenoxyd, indem er mittlerweile eine andere Reihe von Retorten zur Wasserzerlegung functioniren ließ. Später änderte er den Apparat. Das Eisen als wasserzersetzendes Mittel wurde ausgeschlossen und Holzkohle anstatt desselben angewendet. Das Gasgemenge, das er durch Einführen von Wasserdampf in liegende mit Holzkohlen gefüllte ⌂ förmige Retorten erhielt, wurde durch Aetzkalkreiniger geführt und so von Kohlensäure befreit. An den Brennermündungen befanden sich kleine Platincylinder, welche durch die Hitze des verbrennenden, vor der Ausströmung in einem gewissen Verhältniß mit Luft gemengten Wasserstoffgases und Kohlenoxydgases in Weißgluth geriethen und ein sehr helles, ruhiges Licht verbreiteten. Das Verfahren von Gillard war fast in Vergessenheit gerathen, als man zehn Jahre nach seinem ersten Auftreten erfuhr, die Stadt Narbonne in Südfrankreich habe sich durch eine anonyme Gasgesellschaft Wasserstoffgasbeleuchtung einrichten lassen. Verver untersuchte die Anstalt im Auftrag der Stadtbehörde von Mastricht, und erstattete einen Bericht darüber, der im Ganzen im empfehlenden Sinne ausfiel. Das Gas soll nach ihm und anderen Chemikern nur zwischen 2,5 und 5 Volumprocente Kohlenoxyd enthalten, und ein Brenner, der 3,234 Kubikfuß (preußisch) stündlich consumirte, entsprach einer Lichtstärke von 5,22 Wachskerzen (welchen Gewichts?). Die Helligkeit sei untadelhaft.

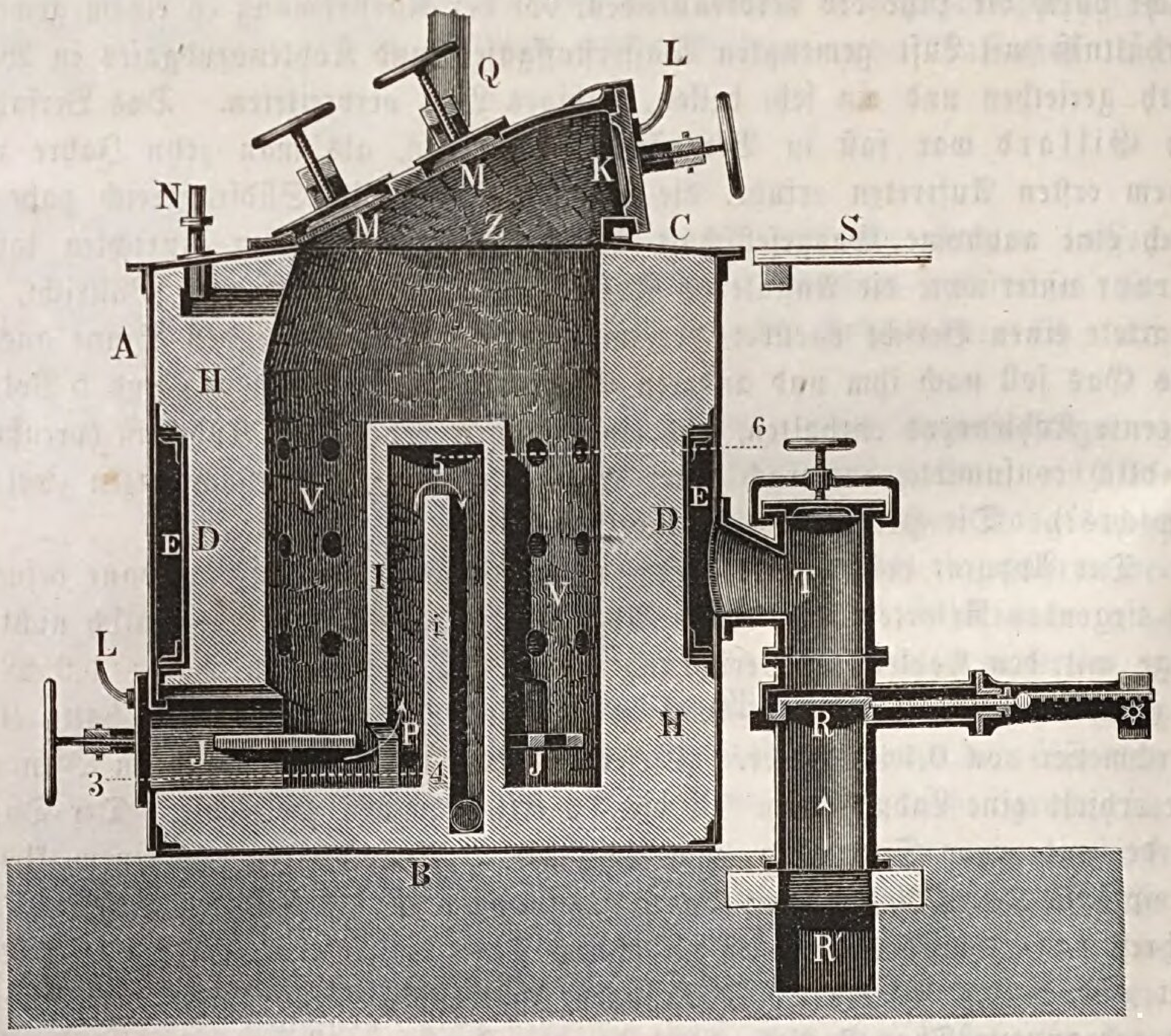
Der Apparat bestand, als Verver das Etablissement in Narbonne besuchte, aus liegenden Retorten mit weiter Abzugsröhre, damit das Gasgemisch nicht zu lange mit den Kohlen in Berührung bleibe. Die Retorten waren 1,9 Meter lang, 0,39 Meter hoch und 0,33 Meter breit; die Abzugsröhre hatte einen Durchmesser von 0,145 Meter. Dieser Retorten lagen fünf in einem Ofen und jede erhielt eine Ladung von 15 bis 16 Kilogrammen Holzkohle. Der Dampf wurde mit einer Spannung von $5^1/_2$ bis 6 Atmosphären aus einem kleinen Dampfkessel durch Röhren mit vielen Oeffnungen in die Retorten geführt. Die Röhren von Schmiedeeisen lagen im oberen Theil der Retorte, waren 0,024 Meter weit und hatten 80 bis 90 Oeffnungen, in welchen kleine durchbohrte Kapseln aus gebranntem Thon steckten, durch die der Dampf ausströmte; die letztere Vorrichtung deshalb, weil die Wände der Oeffnungen, so lange diese einfach aus Durchbohrungen des Metalls bestanden, schnell zerfressen wurden. Alle fünf Stunden erfolgte eine Kohlenladung, während dieses Geschäftes wurde der Dampfstrom abgesperrt.

Zur Erzeugung von 1 Kubikmeter Gas (von unten folgender Zusammensetzung) wurden 0,324 Kilogrm. Holzkohle, 1,4121 Kilogrm. Steinkohle zur Retortenheizung, und 0,45 Kilogrm. Steinkohle zur Kesselfeuerung gebraucht. Der Kubikmeter Gas erforderte 1,25 Kilogrm. gebrannten Kalk zur Befreiung von Kohlensäure. Der Kohlensäuregehalt des rohen Gases wurde nicht bestimmt.

Die fünf Retorten lieferten in 24 Stunden 710,4 Kubikmeter (25077 Kubikfuß engl.) gereinigtes Gas, daher die Retorte stündlich 5,92 Kubikmeter, dies beträgt

209 Kubikfuß engl., den Kubikmeter in abgerundeter Zahl zu 35,3 Kubikfuß engl. gerechnet. Schon in diesem Berichte ist darauf hingewiesen, daß die Corrosion der Retortenwände und Dampfröhren, da wo der Dampf ausströmt, eine beträchtliche ist, es ist deshalb der Apparat in neuerer Zeit von dem Erbauer der Gasanstalt in Narbonne, Fages aus Limoux, wesentlich verändert worden. Auch scheint die Anwendung von Holzkohlen das Product sehr vertheuert zu haben, und es werden daher bei der neuen Einrichtung Cokes anstatt der Holzkohlen gebraucht. In Fig. 219 ist der neue Apparat im senkrechten Durchschnitt nach 1 — 2, in Fig. 220 im Grundriß, und in letzterer Figur in der Ebene der Linien 3 — 4 und 5 — 6 gezeichnet.

Fig. 219.

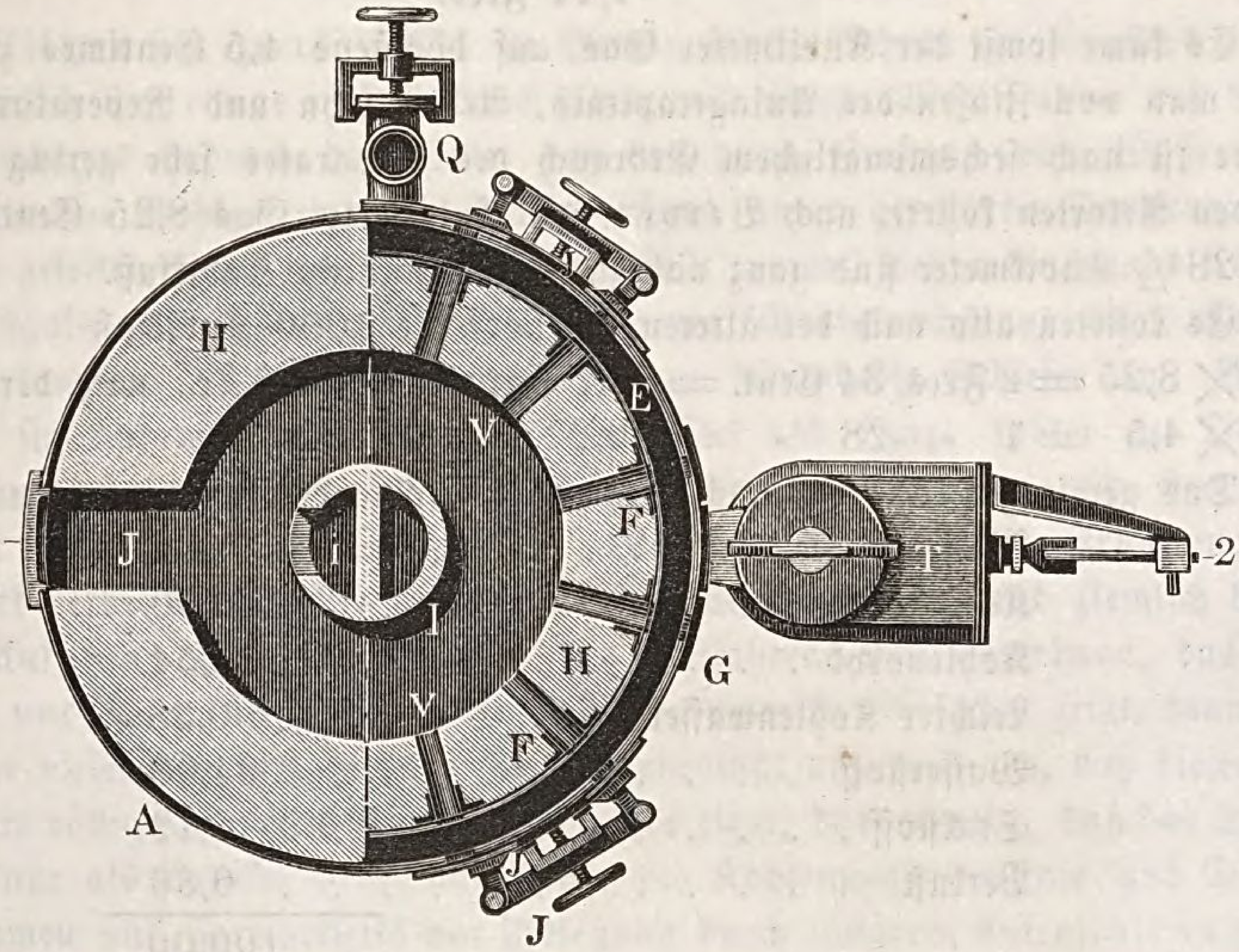


Beide Figuren stellen ihn in $^1/_{40}$ seiner natürlichen Größe dar.

A ist ein genieteter Eisenblechmantel von 3^{mm} Blechstärke, der mit dem Deckel *C* (von 4^{mm} Blechdicke) und dem Boden *B* durch Schraubenbolzen möglichst dicht verbunden ist. In diesem Cylinder ist ein zweiter *D* angebracht, der niedriger als *A* ist, und den hohlen Raum *E* erzeugt. Der Cylinder *D* ist 2^{mm} stark, und hat 3 Reihen kreisförmiger Oeffnungen, in welchen die Blechhülsen *F* stecken, welche den 36 Canälen *V*, die ins Innere des Cylinders führen, als Futter dienen; diesen Canälen entsprechen nach außen viereckige Oeffnungen, die mit eisernen lutirten und durch einen Bügel mit Schraube verschlossenen Thüren versehen sind. Letztere dienen zum Reinigen der Kanäle *V*. Gegen innen sind beide Cylinder mit einer feuerfesten Thonmauer gefüttert, und in ihrer Mitte steht

ein Cylinder *I* aus feuerfester Thonmasse, der durch eine verticale Wand *i* in zwei Abtheilungen getheilt ist. Im unteren Theil des Ofens ist ein Rost etwa

Fig. 220.



3 Decimeter vom Boden entfernt, und in gleicher Höhe befinden sich drei Thüren *J*, die ebenfalls mit Bügel und Schraube verschließbar sind, zum Reinigen des Ofens. Die Füllöffnung des Ofens liegt bei *K*, sie ist 4 Decimeter hoch und 3 Decimeter breit, sie wird ebenfalls mit Schraube und Bügel verschlossen, nachdem ihre Ränder mit Lehm bestrichen worden sind. *M, M* sind ähnliche verschließbare Oeffnungen zum Reinigen des Ofens. *S* ist eine Art Tisch oder Bühne, worauf die Cokes liegen, die zum Einfüllen bei *K* dienen sollen.

Beim Betrieb wird der Apparat vom Roste an ganz mit Cokes aufgefüllt, und nachdem diese in starke Rothgluth gebracht sind, wird *K* geschlossen, und durch *N* Dampf von 2 Atmosphären Spannung eingeleitet, um das gebildete Gasgemenge mit überschüssigem Wasserdampf und ohne Berührung mit glühenden Kohlen zu mengen, wird es unter dem Roste durch *I* auf- und abwärts geführt, während durch *P* ein zweiter Dampfstrom zutritt. Durch *Q* entweicht das nun fertige Gemenge in einen Kühler und geht von da in die Reiniger. Die Cokes kühlen sich durch den Dampfstrom etwas ab, weil sie nicht von außen erhitzt werden, deshalb wird der Dampfzufluß nach einiger Zeit abgestellt, *K* geöffnet, der Schieber *R*, der das Rohr *T* schließt, zurückgezogen und durch *R'* mittelst eines Ventilators von 7 Decimeter Durchmesser und 3 Decimeter Breite aus dem Canal *R'* Luft eingeführt. Hierfür braucht es 4 bis 5 Minuten, während nachher wieder während 20 Minuten Dampf einströmen kann. Es werden täglich etwa 1/4 der Röhren *V* in regelmäßigem Turnus gereinigt, der ganze Ofen wird durch die Thüren *M* und *J* nur alle 10 Tage gründlicher gereinigt. Zur Erzeugung von 100 Kubikmeter Gas bedarf es etwa 2 Stunden Zeit, und an Material

75	Kilogrm.	Cokes	zu 2,25 Frcs.	
55	»	Steinkohle	» 1,37 »	unter dem Dampfkessel
82	»	Kalk	» 0,82 »	
			4,44 Frcs.	

Es käme somit der Kubikmeter Gas auf höchstens 4,5 Centimes zu stehen, wenn man von Zinsen des Anlagecapitals, Arbeitslohn und Reperatur absieht. Letztere ist nach sechsmonatlichem Gebrauch des Apparates sehr gering gewesen. Mit den Retorten kostete, nach Verver, der Kubikmeter Gas 8,25 Centimes.

$28\frac{1}{2}$ Kubikmeter sind ganz nahezu 1000 englische Kubikfuß.

Es kosteten also nach der älteren Methode die 1000 Kubikfuß

$28,5 \times 8,25 = 2$ Frcs. 34 Cent. = 18,7 Sgr. = 1 Fl. 6,8 Kr., nach der neueren

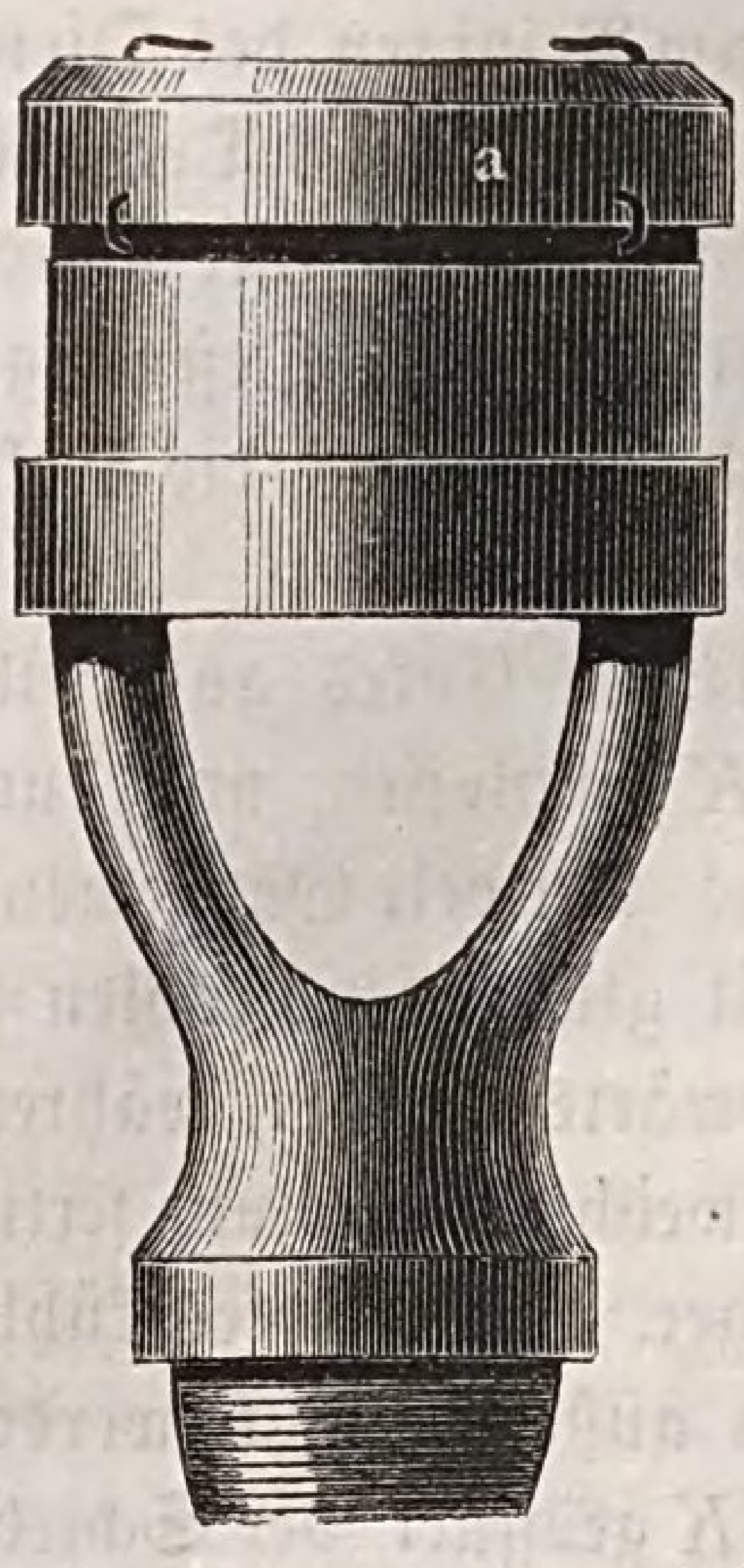
$28,5 \times 4,5 = 1$ » 28 » = 10,2 » = – » $36\frac{1}{2}$ »

Das gereinigte Gas hat nach Verver die folgende Zusammensetzung:

Wasser	1,02
Kohlensäure	0,50
Kohlenoxyd	3,54
Leichter Kohlenwasserstoff	0,38
Wasserstoff	94,08
Stickstoff	0,12
Verlust	0,36
	100,00

Die Brenner sind Argand'sche, der Ring, aus dem die Strahlen strömen, ist wegen der Erhitzung von Platin. Ueber die Kränze der Brenner in die Flamme werden Platinkörbchen, Fig. 221, gesetzt, die an dem Kranze *a*, Fig. 222, mit Platindraht, wie es durch Fig. 223 verdeutlicht ist, befestigt werden.

Fig. 222.



Die Körbchen von Platin haben

Fig. 221.



Fig. 223.



a. für Brenner von 20 Strahlen 22mm Höhe und ein Gewicht von 1,371 Grm.
b. » » » 16 » 18 » » » » » 0,756 »
c. » » » 12 » 18 » » » » » 0,551 »

sie sind für die drei genannten Brennerdimensionen

a. unten 23mm und oben 20mm, b. unten 19mm und oben 17mm, c. unten 15mm und oben 12mm weit.

Diese Platinnetze dauern etwa ein Jahr, nach welcher Zeit sie aber spröde

werden, im Ankauf kostet das Stück 1 bis 2 Frcs., und die Fabrik nimmt das alte Platin zu 60 bis 75 Centimes pr. Gramm zurück.

b. Das carbonisirte Wasserstoffgas.

Selligue hat zuerst (1834 in Paris), später White (in England 1851) 165
und neuerlich Leprince in Frankreich jeder mit einiger Modification des Apparates Leuchtgas dadurch dargestellt, daß das durch Zersetzen von Wasserdampf mit glühenden Kohlen erzeugte Wasserstoffgas unter geeigneter Temperatur in Retorten geleitet wurde, die mit Stoffen gefüllt waren, welche leuchtende Kohlenwasserstoffgase und Dämpfe (s. Einleitung zur Gasbeleuchtung) beim Erhitzen abgeben konnten. Selligue wendete hierzu bituminöse Schiefer an, White bediente sich anfangs eines Gemenges von Oel und Harz, später zur Darstellung seines Hydrocarbongases mit Vorzug der Cannelkohle, und Leprince empfiehlt nur eine fette Steinkohle. Während Selligue's Erfindung sich nicht stark verbreitete, machte der White'sche Proceß in England ziemlich bedeutendes Aufsehen; von den Erfolgen des Verfahrens von Leprince, das noch zu neu und kaum tiefergehende Unterschiede vom White'schen zeigt, kann noch nicht sehr vieles berichtet werden. Es ist unbedingt anzuerkennen, daß diesen Methoden ein völlig rationelles Princip zu Grunde liegt, das nämlich, daß das Wasserstoffgas nur als Vehikel gebraucht wird, die Kohlenwasserstoffgase und Dämpfe aufzunehmen und sie einerseits vor Zersetzung durch längeren Aufenthalt in der zu hoch erhitzten Retorte, andererseits vor Condensation zu bewahren. Auch das Product ist hinsichtlich seiner Leuchtkraft wie seiner minderen Gefährlichkeit für die Gesundheit sehr schätzenswerth. Frankland hat alle diese Verhältnisse mit großer Klarheit bei Besprechung der White'schen Erfindung dargelegt. Es scheinen jedoch ökonomische oder praktische Schwierigkeiten einer allgemeineren Einführung im Wege zu stehen, denn man vernimmt nicht, daß in England man häufig das gewöhnliche Verfahren der Steinkohlengasbeleuchtung verlassen und zu dem White'schen übergegangen sei.

Beim White'schen Proceß wird nicht wie bei dem Gillard'schen auf möglichste Umwandlung des Kohlenoxydgases in Kohlensäure hingearbeitet. Es ist oben (§. 164) dargelegt worden, daß bei der Wasserzerlegung durch Kohle sich gleiche Volume Kohlenoxyd und Wasserstoffgas bilden, oder daß sich das Kohlenoxydgas nur vermindere auf Kosten von Kohlensäurebildung. In dem White'schen Gase aber findet sich ein Kohlenoxydgehalt, der 15 Proc. nicht übersteigt, ohne daß es nennenswerthe Mengen von Kohlensäure enthielte, während der Gehalt an Wasserstoff gegen 50 Proc. beträgt. Diese Wasserstoffvermehrung ohne entsprechende Kohlenoxydzunahme muß aus der Einwirkung von Wasserdampf auf den leichten Kohlenwasserstoff der mit Cannelkohle gefüllten Retorte erklärt werden, so nämlich, daß Kohlenoxyd und Wasserstoff, und zwar letzterer aus dem Kohlenwasserstoff und dem Wasser, also in größerem Volum gebildet werde. Hierdurch wird noch der Vortheil erreicht, daß sich der leichte Kohlenwasserstoff, der unter den schwach leuchtenden Gasen, wie wir in der Einleitung erfahren haben, als das mindest taugliche Vehikel für die leuchtenden Dämpfe anzusehen ist, sehr vermindert, wie folgende Zusammenstellung von Frankland darthut.

Es lieferte Wigan-Cannelkohle ein Gasgemenge

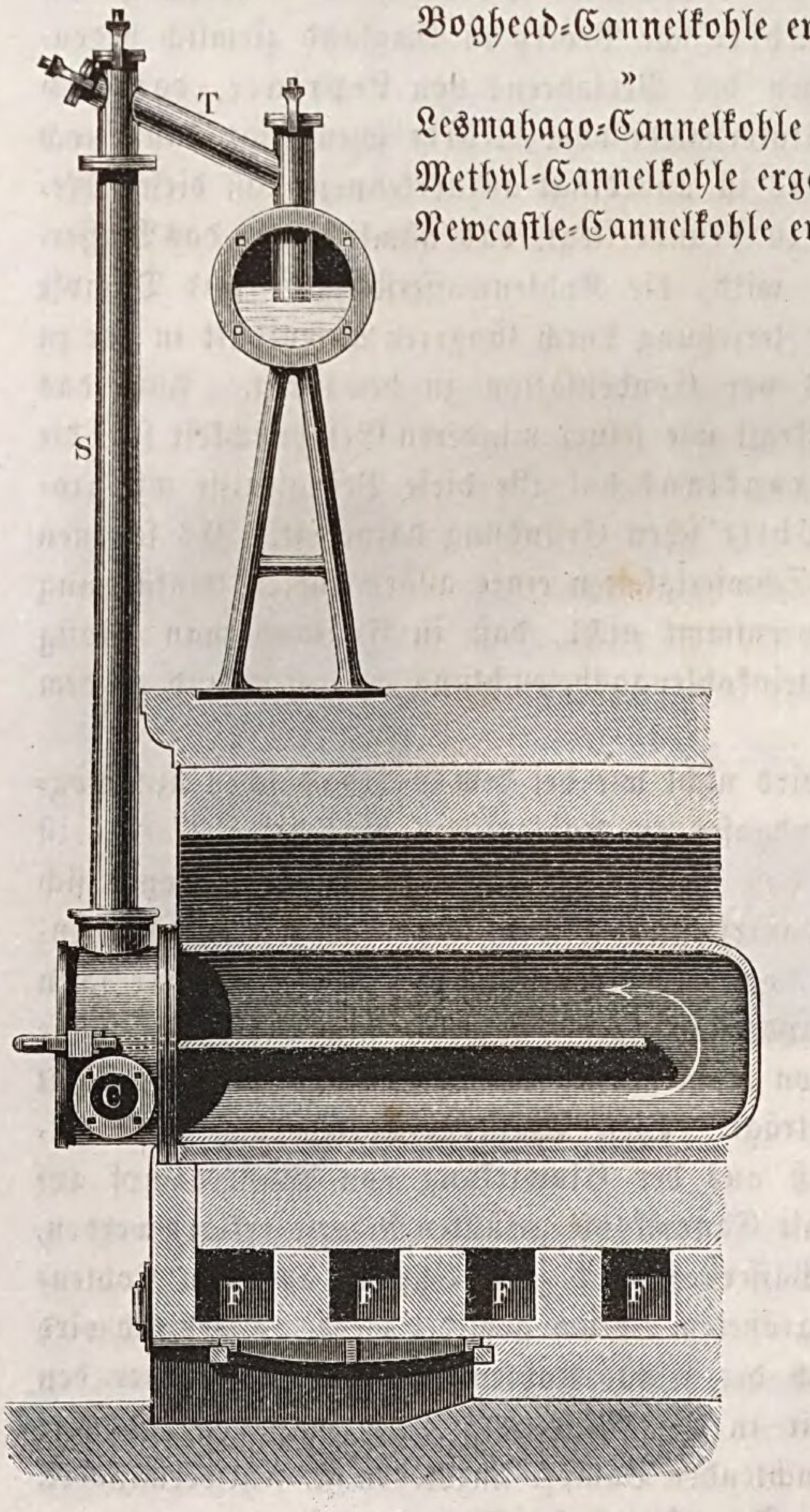
	beim gewöhnlichen Proceß	beim Withe'schen
Schwere Kohlenwasserstoffe und Elaylgas	10,81	10,55
Leichter Kohlenwasserstoff	41,99	27,20
Wasserstoff	35,94	47,39
Kohlenoxyd	10,07	14,86
Kohlensäure	1,19	0,00

Aehnliches ergab sich mit Boghead-Cannelkohle.

Ueber die Quantitäten und Qualitäten des Productes macht **Frankland** nachfolgende sehr günstige Angaben:

	Gewinn in Procenten an Leuchtkraft	Gewinn in Procenten an Gasmenge
Wigan-Cannelkohle ergab . .	33,9	47,9
„ „ . .	42,4	48,8
Boghead-Cannelkohle ergab .	88,4	188,2
„ „ .	82,4	290,6
Lesmahago-Cannelkohle ergab	82,8	174,8
Methyl-Cannelkohle ergab . .	108,6	176,2
Newcastle-Cannelkohle ergab .	11,2	45,8

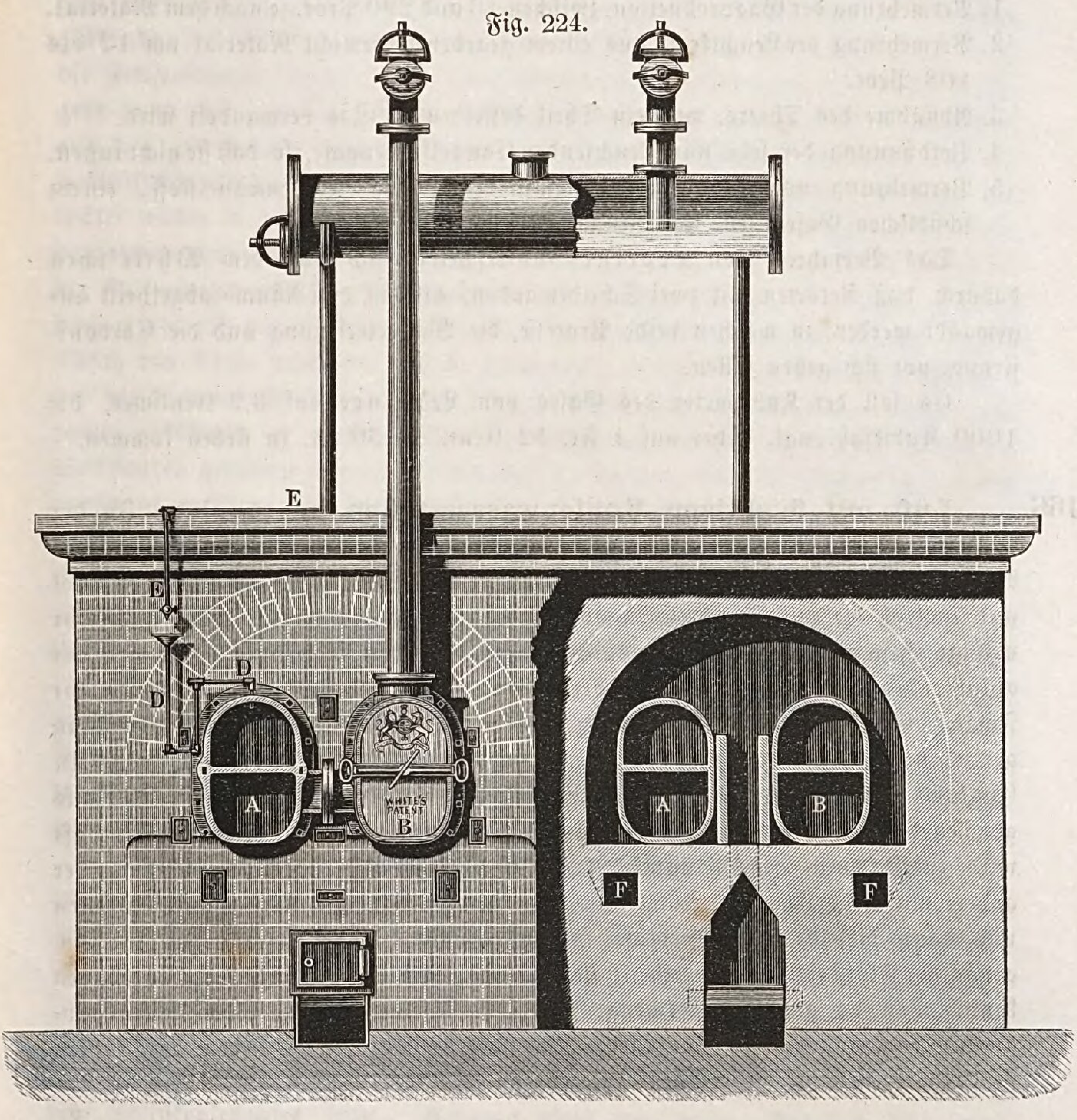
Fig. 225.



Der Apparat von **White** ist in $1/_{40}$ der natürlichen Größe in Fig. 224 (a. f. S.) abgebildet. Die Oefen, der Bau des Feuerraumes, die Lage und Zahl der Retorten sind ganz wie für die gewöhnliche Steinkohlengasbereitung beschaffen. Die vorliegende Figur stellt einen Doppelofen mit je zwei Retorten zur Hälfte in Vorderansicht, zur andern Hälfte im Verticaldurchschnitt dar. *A* und *B* sind die Retorten, $18^1/_2$ engl. Zoll weit und $27^3/_4$ engl. Zoll hoch. Sie sind durch eine nicht ganz bis zur Rückwand (s. Fig. 225) reichende horizontale Zwischenwand in eine obere und eine untere Kammer, jede 12 Zoll hoch, getheilt. Dies ist der einzige wesentliche Unterschied von der gewöhnlichen Gasretorte, und darum nöthig, um den Dämpfen und Gasen auf längerem Wege Gelegenheit zur Berührung mit der Kohle zu gewähren. Die abgebildeten Retor-

ten haben einen Kubikinhalt von 16 Fuß, und zwei solcher können in 24 Stunden 10000 Kubikfuß Hydrocarbongas liefern. *DD* ist ein heberförmig gebogenes

Fig. 224.



Rohr mit einem Trichter, in welchen durch die Röhre *E* ein dünner Wasserstrahl läuft, der auf die rothglühende Coke oder Holzkohle fällt, die sich in der oberen Kammer der Retorte *A* befinden; der Dampf strömt gegen die Rückwand, und in der unteren Kammer wieder vorwärts zu dem seitlich angebrachten Rohre *C* in die untere Kammer der Retorte *B*, durch diese und die obere, welche beide mit Cannelkohle gefüllt sind, hindurch und in die Steigröhre zu der Vorlage. Die Retorten sind auf den gegen einander gekehrten Seiten mit feuerfesten Backsteinen armirt. Die Feuerzüge *F* und alle übrigen Theile des Ofens sind durch das beim Steinkohlengasbereitungsapparat Gesagte hinlänglich deutlich. White bemerkt, daß bei Verwendung sehr fetter Cannelkohle 2 bis 4 Retorten zur Wasserstofferzeugung auf eine für Aufnahme der Kohlenwasserstoffe gebraucht werden können.

Die Vortheile der White'schen Gasbereitungsart faßt Frankland in Folgendem zusammen:

1. Vermehrung der Gasproduction, zwischen 46 und 290 Proc. je nach dem Material.
2. Vermehrung der Leuchtkraft aus einem gegebenen Gewicht Material um 12 bis 108 Proc.
3. Abnahme des Theers, weil ein Theil desselben in Gas verwandelt wird.
4. Verdünnung der sehr stark leuchtenden Cannelkohlengase, so daß sie nicht rußen.
5. Vermehrung von Wasserstoff, Verminderung von Kohlenwasserstoff, einem schädlichen Gase (siehe Einleitung).

Das Verfahren von Leprince unterscheidet sich von dem White'schen dadurch, daß Retorten mit zwei Scheidewänden, also in drei Räume abgetheilt angewandt werden, in welchen beide Processe, die Wasserzersetzung und die Carbonisirung, vor sich gehen sollen.

Es soll der Kubikmeter des Gases von Leprince auf 3,9 Centimes, die 1000 Kubikfuß engl. daher auf 1 Fr. 12 Cent. = 30 Xr. zu stehen kommen.

166 **Luft mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen imprägnirt.** In der Einleitung zur Gasbeleuchtung ist angegeben, daß Luft nicht das geeignetste Mittel sei zur Aufnahme von Dämpfen leuchtender Substanzen, da diese das Licht und zugleich die zum Fortbrennen nöthige Hitze zu liefern haben. Eine auch sehr mäßige Geschwindigkeit beim Ausströmen eines solchen Gemenges hat wegen der abkühlenden Wirkung des nicht brennbaren Gases Erlöschen der Flamme zur Folge. Eine Beleuchtungseinrichtung dieser Art ist wohl immer nur Vorschlag geblieben. Es ist eine solche auf den Namen von J. Longbottom in Leeds in England patentirt worden. Die Flüssigkeit, die er der Luft beimischt, besteht aus gleichen Theilen Benzol, Schwefeläther und Terpentin- oder Harzöl. Der Luft wird zuerst durch Bimssteinstücke, deren einer Theil mit engl. Schwefelsäure, der andere mit Aetzkalilauge befeuchtet ist, ihre Feuchtigkeit und Kohlensäure entzogen und dann dieselbe durch Gebläse in eine Büchse geführt, worin das Gemisch genannter Flüssigkeiten so vertheilt ist, daß möglichst innige Berührung stattfinden kann. Von da geht das Gemenge in einen Gasometer. Die Sache scheint, abgesehen vom angeführten Hauptgebrechen, noch an anderen zu leiden, wir führen sie deshalb mehr im historischen Interesse an.

167 **a. Oelgas.** Es ist richtig, daß Fette und fette Oele gemäß ihrer Zusammensetzung diejenigen Substanzen sind, aus welchen sich das reinste und beste Leuchtgas machen läßt. Sie enthalten sämmtlich wenig Sauerstoff im Vergleich zum Kohlenstoff und Wasserstoff, und letztere annähernd in dem Verhältniß, wie sie im Elaylgas vorkommen, es bleibt kein oder nur ein sehr geringer Rückstand bei der Destillation, schwefelhaltige Producte sind ausgeschlossen und Kohlensäure kann sich nur wenig bilden.

Trotz allen diesen Vorzügen ist die Oelgasbereitung wenig verbreitet, weil das Gas, wenn auch an Leuchtkraft das gewöhnliche Steinkohlengas bedeutend übertreffend, und obgleich nur die wohlfeilsten Fette und Fettabfälle gebraucht werden, immerhin sehr theuer zu stehen kommt. Es hat sich indessen in kleineren

Etablissements, da wo kleinere Ortschaften oder einzelne Privathäuser zu beleuchten sind, mit Recht im Gebrauche erhalten. Der Apparat ist einfach: das flüssige Fett wird aus einem Behälter tropfenweise oder in dünnen Strahlen in eine rothglühende, mit Cokes oder Ziegelstücken gefüllte Retorte eingeführt; das durch die Fettzersetzung erzeugte Gas entweicht möglichst rasch durch ein weites Rohr, geht durch eine mit Oel gefüllte Vorlage (zuweilen ist diese zugleich der Behälter, aus dem die Retorte gespeist wird), worin sich die leichtest condensirbaren, die wesentlichsten Charaktere fetter Oele beibehaltenden Substanzen absetzen, um später wieder in die Retorte geführt zu werden, und strömt von da in die Condensatoren (deren Theerabsatz ebenfalls wieder zur Gasbereitung dient), dann in die Kalkreiniger und den Gassammler. Zu beachten ist, daß die Retorte nicht zu hoch erhitzt sei, damit nicht Wiederzerlegung der schweren Kohlenwasserstoffe unter Absatz von Kohle stattfinde, daß sie gleichmäßig erhitzt sei und daß die Flüssigkeit an verschiedenen Stellen in den Apparat fließe, um nicht an einer einzigen allzusehr abkühlend zu wirken. Um die Erhitzung der mit Rothgluth haltenden Substanzen gefüllten Retorte gleichmäßig zu machen, sind in neuerer Zeit deren construirt worden, die kesselartige Form haben und welche das Feuer äußerlich und mittelst Heizröhren auch im Innern berührt. Ein solcher Apparat ist derjenige von Gerner.

Swintergas nennt man das aus den Seifenwasserrückständen der Seidenfärbereien vom Entschälungsproceß sich ergebende durch Abscheidung der Fettsäuren und Destillation derselben gewonnene Gas. Auch Seifenwasser größerer Waschanstalten, die Brühen, die vom Entfetten der Wolle erhalten werden, und ähnliche Abfälle wurden in früherer und neuerer Zeit empfohlen und gebraucht zur Erzeugung von Leuchtgas. Der Apparat und die Führung des Processes treffen ganz mit dem bei Oelgasbereitung angegebenen zusammen.

Es sollen nach Rummler aus 1 Pfd. Swinter 5 bis 6 Kubikfuß Leuchtgas erzeugt werden können; dasselbe hat eine starke Leuchtkraft und der Centner Swinter ließ sich zur Zeit, da diese Versuche ausgeführt wurden, zu $^1/_2$ Fl. beschaffen. Die Gestehungskosten des Gases wären nach dieser Angabe sehr gering. In Augsburg soll 1 Centner Swinter aus Wollfabriken $2^1/_2$ bis 3 Fl., in Mühlhausen 9 bis 10 Frcs. kosten, und das Pfund dieses Swinters liefere 105 Liter, das ist nicht ganz 4 engl. Kubikfuß Gas, das beinahe die dreifache Leuchtkraft des Steinkohlengases habe. Knapp giebt an, aus 1 Kubikfuß Oel (etwa 42 bis 45 Zollpfund) ließen sich 600 bis 700 Kubikfuß Gas machen. So unpräcis die Angaben sind, so geht doch daraus hervor, daß der Swinter außer den Fettsäuren der Seife noch andere von der Seide herrührende Bestandtheile enthalten haben mußte, und daß das Fett oder Oel bei obigem Quantitätsergebniß sehr billig zu stehen kommen muß, wenn das Product gegenüber den anderen Gassorten concurrenzfähig sein soll.

b. Schieferölgas. Die Schwierigkeiten, dem unvollkommen gereinigten Schieferöl, Mineralöl, Photogene zur Lampenbeleuchtung, namentlich im Innern von Häusern, einen der Production entsprechenden Absatz zu verschaffen, haben zu Versuchen, es zur Gasbereitung zu gebrauchen, geführt. 168

Die Angaben über die Gestehungskosten und seine Leuchtkraft sind noch sehr unsicher. Es wird aber angegeben, daß es bei gleicher Leuchtkraft wie das Gas aus fetten Oelen bedeutend billiger zu stehen komme als dieses.

Die Producenten von Schieferöl in Reutlingen und Hechingen geben einen Ertrag von Gas an, der auf je 1 Centner Oel 1250 bis 1400 engl. Kubikfuß entspricht; aus einer Privatgasanstalt, die sich des Schieferöls bediente, erfährt man jedoch, daß sich die Ausbeute auf 1000 Kubikfuß für den Centner des Schieferöls reducire. Die Leuchtkraft solchen Gases ist in Stuttgart mit der des dortigen Steinkohlengases verglichen worden, der Ausdruck der erhaltenen Resultate ist sehr schwankend: es sei die Leuchtkraft des Schieferölgases $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$fach größer als die des Steinkohlengases. Nach den Angaben der Schieferölfabrik würde sich das von ihr als erreichbar erkannte Minimum von Gas, das sich aus 1 Centner Oel gewinnen läßt, nämlich 1250 Kubikfuß, bei einem Ankaufspreise des Oels von 14 Fl. 30 Xr. (circa 31 Frcs.) auf 18 Fl. 3 Xr. (38 Frcs. 26 Cent.) stellen. Werden aber, wie aus einer anderen Gasfabrik berichtet wird, nur 1000 Kubikfuß Gas erhalten, so käme diese Menge auf obige Summe zu stehen. Die Gestehungskosten werden endlich von dritter Seite bei einem Preis des Schieferöls von 10 Fl. pro Centner zu 10 Fl. pro 1000 Kubikfuß angegeben. Nimmt man als durchschnittliche Leuchtkraft die dreifache des Steinkohlengases an (was freilich genauer zu ermitteln wäre), so könnte das Schieferölgas überall da concurriren, wo die 1000 Kubikfuß Steinkohlengas nach Abzug des Betrags für Nebenproducte auf etwa 6 Fl. (12 Frs. 60 Cent.) zu stehen kommen.

Der Apparat ist nicht wesentlich verschieden von denjenigen, die zur Oelgaserzeugung dienen; dunkle und gleichmäßige Rothgluth der Retorten, und allmäliges Einträufeln des Oeles sind auch hier Grundbedingungen, welchen hinsichtlich der Construction des Apparates in mannigfachster Weise genügt werden kann. In der Retorte bleibt wenig lockere Kohle. Da die Schieferöle beinahe sauerstofffrei sind, kann das Schieferölgas fast kohlensäurefrei erhalten werden, dagegen muß ihm etwas Schwefelwasserstoff durch einen Reiniger entzogen werden.

169 **c. Harzgas.** Wohl noch geringer als für das Oelgas sind die Aussichten für die Concurrenzfähigkeit des Harzgases. Es hat diese Industrie nicht nur wegen der Gestehungskosten des Productes einen schweren Standpunkt, sondern es kommen zu den für das Oelgas vorhandenen Schwierigkeiten namentlich noch die des erschwerten genügenden Bezuges des Rohmaterials und der Ungleichheit seiner Eigenschaften, die natürlich Ungleichheiten des Products zur Folge haben. Im Ganzen hält man das Harzgas für minderwerthig als das Oelgas. Der hauptsächlichste Unterschied im Apparate für Oelgas und Harzgas ist der, daß das Harz als fester Körper, ehe es in die Zersetzungsretorte in dünnem Strahl eingeführt wird, in einem Vorwärmekessel, der von dem aus dem Retortenofen abziehenden heißen Rauch bespült wird, geschmolzen werden muß. Es liegen keine zuverlässigen Berichte über die Vorzüge und Schattenseiten der wenigen in der technischen Literatur bekannt gewordenen Harzgasapparate vor, so daß wir diese mit Hinblick auf die geringe Bedeutung des Harzes als Beleuchtungsmittel näher zu betrachten unterlassen können. Auch über die Ausbeute liegen nur höchst

ungenügende Angaben vor; es sollen aus 1 Pfd. Harz zwischen 10 und 23 Kubikfuß Gas erzeugt werden.

d. **Holzgas.** Unter allen den genannten Materialien hat unbedingt nach den Steinkohlen das Holz die ausgedehnteste Anwendung zur Gasbereitung gefunden. Holz, Torf und Braunkohlen unterscheiden sich von den oben betrachteten Leuchtgasrohmaterialien durch nicht unbeträchtlichen Sauerstoffgehalt. Was Theoretisches über die Erzeugung von Leuchtgas aus Holz zu sagen ist, findet daher auch im Wesentlichen Anwendung auf die Vergasung jener Stoffe, die in der Hauptsache ebenfalls aus Holzfaser bestehen, die jedoch durch Verwesung einige Veränderung in ihrer Zusammensetzung erfuhr. 170

Vor Pettenkofer war, wenn auch Versuche gemacht wurden, das Holz zum Beleuchten zu gebrauchen, nichts geleistet, was die Aufgabe ihrer Lösung auch nur einigermaßen nahe gebracht hätte. Pettenkofer's erste Versuche wurden im Jahre 1849 vorgenommen. Gegenwärtig bestehen viele Privaten gehörende Holzgasfabriken, und es sind mit Holzgas beleuchtet die Städte Koburg, Würzburg, Darmstadt, Gießen, Zürich, St. Gallen, Schaffhausen, Aarau, Luzern, Regensburg, Landshut, Erlangen, Ulm, Kempten, Linz, Chur, Freiburg in der Schweiz und andere mehr. Dies beweist wohl hinlänglich die Anerkennung, welche der neuen Erfindung zu Theil ward.

Es sind vornämlich drei Grundbedingungen, um die sich die Brauchbarkeit des bei der trockenen Destillation des Holzes gewonnenen Gasgemenges dreht.

Das Holz kann schon bei ungefähr 300° C. in Kohle verwandelt werden. Es sind aber die hierbei erhaltenen Gase zu Beleuchtungszwecken untauglich. Pettenkofer fand ein bei dieser Temperatur erzeugtes Gasgemisch zusammengesetzt aus 54,5 Kohlensäure, 33,8 Kohlenoxyd und 6,6 leichtem Kohlenwasserstoffgas nebst etwas in den Apparat eingedrungener Luft. Von schweren Kohlenwasserstoffen war beinahe nichts in demselben enthalten.

Aber auch die Menge des Gases, die man durch Destillation des Holzes bei niedriger Temperatur erhält, beträgt zu wenig. Es geht hieraus hervor, daß zu Vieles und das zum Leuchten Bestgeeignete in die condensirbaren Bestandtheile, den Theer, eingeht. Wenn dagegen die Gase und Dämpfe, die bei angegebener Temperatur aus dem Holze ausgetrieben wurden, einer bis zur Rothgluth gehenden Hitze ausgesetzt werden, so erzeugen sich namhafte Mengen der stärker leuchtenden Gase. Pettenkofer fand in mehreren Analysen, daß das in dieser Weise bereitete Holzgas durchschnittlich enthalte: 18 bis 25 Proc. Kohlensäure, 40 bis 50 Proc. Kohlenoxyd, 8 bis 12 Proc. Einfachkohlenwasserstoff, 14 bis 17 Proc. Wasserstoff und 6 bis 7 Proc. schwere Kohlenwasserstoffe. Das Gas aus den verschiedensten Holzarten zeigte annähernd gleiche Zusammensetzung.

Nächst dieser ersten Grundbedingung, daß die Holzdämpfe einer höheren Temperatur ausgesetzt werden müssen, um nicht so leicht condensirbare Kohlenwasserstoffe darin hervorzubringen, war die zweite zu erfüllen: die ziemlich beträchtliche Menge Kohlensäure, deren schädliche Wirkung auf das Leuchtvermögen des Leuchtgases oben in der Einleitung dargelegt wurde, zu entfernen. Neue Reinigungsmittel oder neu construirte Reinigungsapparate wurden hierzu nicht angewendet.

In den zahlreichen von dem talentvollen Förderer der Holzgasindustrie, dem Ingenieur L. A. Riedinger von Augsburg, erbauten Fabriken dient trockene Kalkreinigung. Es wird dabei getrachtet, daß die Reiniger eine möglichst große Oberfläche haben, damit das Gas in höchst langsamer Weise durch dieselben hindurchgehe.

Eine dritte sehr wesentliche Forderung, die zu erfüllen war, ist die rechte Ausflußgeschwindigkeit des Gases aus den Brennern. Das Holzgas hat ein höheres specifisches Gewicht als das Steinkohlengas (0,65 bis 0,7), es enthält ferner nicht sehr reichlichen Kohlenstoff. Nach den oben bei den Brennern für Steinkohlengas angegebenen Regeln ist es deshalb nöthig, dasselbe aus weiteren Oeffnungen und mit nicht zu hohem Drucke ausströmen zu lassen.

Der Apparat zur Erzeugung von Holzgas ist gegenwärtig wenig verschieden von demjenigen für Steinkohlengasbereitung. In den ersten Stadien der Pettenkofer'schen Erfindung schloß sich der Destillationsapparat genau der gemachten Beobachtung an, daß die bei nicht zu hoher Temperatur erzeugten Holzdämpfe in der Rothglühhitze in vortheilhafter zusammengesetzte Gase umgewandelt werden. Es wurde das Holz in Retorten zerlegt, die Gase und Dämpfe aber, ehe sie in die Vorlage traten, durch ein System von Zickzackröhren geführt, die im Ofen lagen und zum Rothglühen erhitzt waren. Gegenwärtig dienen ganz die gewöhnlichen Gasretorten (meist gußeiserne), mit dem Unterschiede jedoch, daß sie, nachdem Rothglühhitze eingetreten ist, nur mit einem Drittel Volum des Holzes beschickt werden, das sie zu fassen im Stande wären. Die auf diese Weise rasch ausgetriebenen Dämpfe und Gase finden in dem heißen Raum der Retorte Gelegenheit zu weiterer Zersetzung.

Die Vorlage ist etwas geräumiger als die gewöhnliche der Steinkohlengasfabriken und liegt in einem eisernen mit kaltem Wasser gefüllten Kasten, damit eine größere Menge der den Gasen beigemischten Wasser- und Theerdämpfe da schon condensirt werde. Es ist begreiflich, daß das rohe Holzgas viel mehr Wasserdampf enthalte als das Steinkohlengas, weil der Hauptbestandtheil des Holzes, die Holzfaser, Sauerstoff und Wasserstoff in beträchtlicher Menge und in dem Verhältniß enthält, wie sie Wasser bilden; aus diesem Grunde wird auch die Condensation desselben vollständiger sein müssen als die des Steinkohlengases.

Die Kalkreiniger müssen eine sehr große Oberfläche haben. Bei Anlage einer Holzgasfabrik halte man sich hinsichtlich der Größe der Reiniger jedenfalls an das oben §. 159 bei der Steinkohlengasreinigung durch trocknen Kalk angegebene Maximum der Quadratoberfläche der Reiniger, oder überschreite es eher noch um etwas.

Für den ganzen übrigen Apparat ist alles das gültig, was bei der Steinkohlengasbereitung gesagt ist.

Der Betrieb der Holzgasfabrikation. Ein erstes Erforderniß ist, daß das Holz sehr gut und mit Hülfe künstlicher Wärme getrocknet sei. Es dient in der Regel Tannen- und Kiefernholz. Die Scheite werden nicht zersägt, wohl aber noch gespalten, so daß dieselben einen Querschnitt von nicht mehr als 4 bis 6 Quadratzoll haben. Um das Holz auszutrocknen, werden zuerst größere Vorräthe unter Dach längere Zeit aufgeschichtet, dann im gespaltenen Zustande in eine Trockenkammer

geführt, welche hinter dem Retortenofen liegt und vom Boden aus durch die aus dem Ofen zuerst niederwärts in einen gewölbten Kanal und von da in den Schornstein führenden heißen Gase (den Rauch) erwärmt wird, und in derselben 24 Stunden, am besten auf eiserne Wagen gepackt, belassen. Das Gewicht einer Klafter Holz, welche im lufttrocknen Zustande 17 bis 18 Centner wog, vermindert sich auf 14 bis 14½ Centner nach 24stündigem Aufenthalt in der Trockenkammer.

Es werden so viele Scheite auf eine Blechlade, welche die doppelte Länge der Scheite und die Breite der Retorte hat, gelegt, daß diese etwa 4 bis 5 Zoll hoch in zwei Schichten damit gefüllt ist. Die Lade wird vor die geöffnete Retorte gebracht, was durch zwei Arbeiter, die sie rechts und links an eisernen Griffen fassen, geschieht, und einige Fuß tief horizontal in die Retorte einwärts geschoben. Ein Arbeiter drückt mit einer eisernen Krücke auf die vordere Holzschicht, die beiden niedrigen Holzschichten bewegen sich einwärts in die Retorte, die Lade wird frei und von den beiden Arbeitern, die sie bis jetzt hielten, weggenommen. Der Verschluß der Retorte geschieht wie gewöhnlich, indem der Deckelrand mit Kalkbrei verstrichen wird.

Eine Beschickung beträgt 80 bis 100 Pfd. des künstlich getrockneten Holzes, die Dauer einer Destillation etwa 1½ Stunden. Die Ausbeute an Gas beläuft sich auf 600 bis 650 engl. Kubikfuß für den Zollcentner Kiefernholz. Der mehrmonatliche Durchschnitt bei einer der bedeutenderen Holzgasfabriken betrug 637 Kubikfuß pro Centner Holz.

An Nebenproducten werden erhalten:

1. Holzkohlen; diese betragen zwischen 15 und 17 Proc. vom Gewicht des Holzes.

2. Theer. Sein Gewicht beläuft sich auf 1,6 bis 2 Proc. von dem des trocknen Holzes.

3. Roher Holzessig. Derselbe wird, nachdem er mechanisch möglichst von Theer befreit worden, mit kohlensaurem Kalk aus den Reinigern gesättigt und in flachen eisernen Pfannen unter mehrfachem Abschäumen des Theers abgedampft. Die Pfannen liegen zwischen dem Hauptkamine der Anstalt und dem Retortenofen, und werden durch den Rauch, der in horizontalen Kanälen unter denselben hindurchgeführt wird, geheizt; man erhält von 100 Pfd. der sehr verdünnten brenzlichen sauren Flüssigkeit etwas über 4 Pfd. rohen, gewöhnlich von Theerresten schwarzbraun gefärbten trocknen essigsauren Kalk. Die Ausbeute an letzterem auf 1 Centner Holz beträgt 0,5 bis 0,7 Pfd.

Zum Reinigen bedarf es nach dem, was wir von der Zusammensetzung des Gases erfahren haben, einer nicht unbedeutenden Menge Kalk. Man hat als das Resultat der Erfahrung anzunehmen, daß für je 1000 Kubikfuß Gas 35 bis 40 Pfd. gebrannter ungelöschter fetter Kalk zu rechnen sind.

Bei der Erwägung der Vorzüge und Nachtheile der Holzgasbeleuchtung gegenüber dem Steinkohlengas möchte gerade das letztere, der große Verbrauch an Reinigungsmaterial, eines der wichtigsten Momente gegen das Holzgas bilden. Es sind nicht nur die Kosten für Ankauf und Vorbereitung des Reinigungsmittels nicht unerheblich, die Aufgabe, dasselbe immer in hinreichender Menge und

in guter Beschaffenheit zu erhalten, ist für manche Etablissements keine leichte. Da die Leuchtkraft des Gases schon durch einige Volumprocente Kohlensäure wesentlich geschwächt wird, muß die Sorgfalt bei Reinigung eines so kohlensäurereichen Gases verdoppelt werden.

Die Menge Gas, die man, bezogen auf ein gewisses Gewicht Rohmaterial, erhält, gestaltet sich für die Holzgasfabrikation nicht ungünstig, es wird sogar nur aus den besseren Gaskohlen ebensoviel Gas gewonnen. Die Leuchtkraft des gut gereinigten Holzgases steht der des Steinkohlengases keineswegs nach, sie ist eher höher anzunehmen. Wenigstens läßt sich aus photometrischen Versuchen von v. Liebig und v. Steinheil in München das Resultat entnehmen, daß das Holzgas des Münchner Bahnhofs und das städtische Steinkohlengas sich hinsichtlich ihrer Leuchtkraft wie 6 : 5 verhalten. Das Holzgas hat den sehr bedeutenden Vorzug, daß es ganz schwefel- und ammoniakfrei ist. Den Hauptausschlag in der Frage: ob an einem gegebenen Orte Holzgas- oder Steinkohlengasbeleuchtung vorzuziehen sei, geben natürlich die Holz- und Steinkohlenpreise. Man hat vielfache Berechnungen hierüber angestellt und als deren Resultat den Satz aufgestellt, daß das Holzgas überall da vollständig concurrenzfähig gegen das Steinkohlengas sei, wo der Centner des zur Vergasung geeigneten Tannen- oder Kiefernholzes nicht höher zu stehen komme als der Centner Gaskohlen. Wie alle derartigen Normen ist auch diese nicht sehr präcis, immerhin aber giebt sie Anhaltspunkte zur Calculation. Richtig ist, daß es noch ziemlich viele Gegenden giebt, in welchen nach dem Gesagten das Holz als Beleuchtungsmaterial den ökonomischen Vorrang behauptet; Thatsache ist es aber auch, daß bei den steigenden Holzpreisen gegenüber den Verbesserungen in den Verkehrsmitteln und der dadurch herbeigeführten Preisermäßigung für Steinkohlenankauf auch an Orten, die fern von den Kohlenwerken liegen, die Chancen für das Holzgas geringer, für das Steinkohlengas besser werden.

171 **Torfgas.** Im Betrieb stehende Torfgasanstalten dürfte es nur wenige geben. Die Berichte, welche über Torfgasbereitung vorliegen, sind meist aus Versuchen geschöpft, welche in anderen Gasfabriken vorgenommen wurden. Als sehr eigenthümlich muß dabei das erscheinen, daß, trotz der im Ganzen günstigen Resultate, die man gewann, dennoch die Torfgasfabrikation noch so wenig Boden gefaßt hat, da das Rohmaterial doch wohl an sehr vielen Orten unvergleichlich billiger zu stehen kommt, als Holz und Steinkohlen.

Wir theilen hier die Hauptresultate der zur Oeffentlichkeit gelangten Versuche mit.

Man erhielt in Wien in der Holzgasfabrik der k. k. Irrenanstalt als Mittel von 10 Versuchen und mit Ladungen von 56 bis 70 Pfd. Torf, der gut lufttrocken in die Fabrik gebracht, dann aber beim Retortenofen noch schärfer ausgetrocknet wurde und dabei 14 Proc. an Gewicht verlor, aus 1 Centner Wiener Gewicht 510 Kubikfuß Gas. Dies beträgt für den Zollcentner Torf 507 engl. Kubikfuß Gas.

Ferner lieferte der Centner Torf noch 44 bis 45 Proc. guten Torfcoke. Es konnten im Tage 16 Ladungen, à 60 Pfd. abgetrieben werden. Die Leuchtkraft

des Productes ist in unserer Quelle nicht präcis genug angegeben, doch wird sie als vorzüglich geschildert.

Versuche in Lambach ergaben, mit einem Torf angestellt, dessen Gewicht von 800 Pfd. auf 680 Pfd. sank, nachdem er in der Nähe des Retortenofens scharf getrocknet worden war: 28,97 Torfkohle, 2,5 Theer, 27,94 ammoniakalisches Wasser, 470 Wiener Kubikfuß Gas für den Wiener Centner. Dies beträgt für den Zollcentner 468 engl. Kubikfuß Gas. Seine Leuchtkraft im gereinigten Zustande soll sich zu der des gereinigten Holzgases wie 1,65 : 1 verhalten haben.

Versuche in Salzburg lieferten die nachstehenden Ergebnisse:

Der lufttrockne Torf ließ nach dem Erwärmen beim Retortenofen 88,6 Proc. Von diesem erhielt man pro Wiener Centner 496 engl. Kubikfuß Gas. Dies beträgt für den Zollcentner Torf 443 engl. Kubikfuß.

Es wurden ferner 43,3 Proc. vorzügliche Torfkohle, 6,7 Proc. Theer und 24 bis 25 Proc. ammoniakalisches Wasser erhalten. Angaben über die Leuchtkraft fehlen.

In ausgedehnterem Maße sind von Reißig in der Holzgasfabrik zu Regensburg Versuche mit Torf aus der Nähe von München angestellt worden.

Er gewann in 9 Tagen durchschnittlich aus 1 baier. Centner Torf 436 baier. Kubikfuß Gas, das beträgt für den Zollcentner 339 engl. Kubikfuß. Die übrigen Producte waren 4 bis 5 Proc. Theer und 15 bis 20 Proc. ammoniakalisches Wasser.

In Uetersen in Holstein befindet sich eine Torfgasfabrik; es wurde in einem 5monatlichen Betriebe aus dem Hamburger Centner scharf getrockneten Torfs durchschnittlich 585 Hamb. Kubikfuß Gas gewonnen. Dies beträgt für den Zollcentner Torf 565 engl. Kubikfuß Gas.

Auch hier wurde die Beobachtung gemacht, daß bei einer Beschickung von 80 Pfd. $1^1/_2$ Stunden wohl ausreichen zur Beendigung des Processes.

Man beobachtete in Uetersen ferner, daß zur Production von 86154 Kubikfuß Gas 8480 Pfd. Steinkohlen- und Torfcoke gebraucht wurden, in runder Zahl 1 Pfd. dieses Brennmaterials für 10 Kubikfuß Gas.

Bei allen vorerwähnten Versuchen ist leider ein sehr wichtiges Element ganz außer Acht gelassen, der Verbrauch an Kalk zur Reinigung des Gases. Es finden sich auch keine Angaben über den Kohlensäuregehalt des rohen Gases. Bei einem Versuche in Bayreuth sollen zur Reinigung von 1000 Kubikfuß Torfgas 41 Pfund gebrannter Kalk gebraucht worden sein, was freilich noch etwas mehr ist als das Holzgas erfordert. Vielleicht ist dies in den meisten Berichten verschwiegene Moment die Ursache der geringen Verbreitung der Torfgaserzeugung.

Das gereinigte Torfgas hat eine Zusammensetzung, die es als ein treffliches Leuchtgas erscheinen läßt. Reißig fand:

	A. mit gewöhnlichem Torf bereitet	B. mit vorzüglichem Torf bereitet
Schwere Kohlenwasserstoffe	9,52 Proc.	13,16 Proc.
Leichter Kohlenwasserstoff	42,65 »	33,00 »
Wasserstoff	27,50 »	35,18 »
Kohlenoxyd	20,33 »	18,34 »
Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Stickstoff	— »	Spuren »

172 Ueber **Braunkohlengaserzeugung** sind die Berichte noch unvollkommener als über Torfgas, wohl weil das Material ein selteneres ist.

Bei der sehr großen Verschiedenheit der Zusammensetzung der Braunkohlen, namentlich hinsichtlich des Verhältnisses von Kohlenstoff und Wasserstoff zum Sauerstoffgehalt, mußten größere Reihen von Versuchen mit verschiedenen Braunkohlensorten vorliegen, um aus denselben eine Folgerung ziehen zu können.

		C	H	O	
Es enthält z. B. eine Braunkohle	A.	60,0	4,56	25,43	Proc.
	B.	52,8	4,99	15,67	»

abgesehen vom Aschengehalt. In B. also einen sehr beträchtlichen Ueberschuß an Wasserstoff verglichen mit A., wenn man von den beiden Wasserstoffprocentgehalten denjenigen abzieht, der nöthig ist, um mit dem Sauerstoff Wasser zu bilden.

Wir wollen trotzdem die Resultate eines mit Salzhauser Kohle in der Gasfabrik zu Gießen angestellten Versuches mittheilen.

Es lieferten bei 5stündiger Destillation 100 Pfd. Kohle 317 engl. Kubikfuß Gas in einem ersten, und 317 engl. Kubikfuß in einem zweiten Versuch. Es blieben im ersten Versuch 36,4, im zweiten 32 Proc. schwarzen Rückstands, der sich im Schmiedessenfeuer als sehr brauchbar hinsichtlich seiner Hitzeerzeugungsfähigkeit erwies, dagegen das Feuer bald stark verschlackte.

Die Gasausbeute ist also beträchtlich geringer als bei Holz oder Torf. Die Leuchtkraft des gereinigten Braunkohlengases zeigte sich gleich derjenigen des Holzgases. Angaben über den Gehalt an schwefelhaltigem Gas im rohen Gase fehlen leider.

Ueber die Leistungen der verschiedenen Beleuchtungsmittel, und die Methoden zur Bestimmung ihres Werthes.

173 Es giebt kein absolutes Maß für die Menge Licht, welche von einer Flamme ausgestrahlt wird; die Untersuchung auf den Nutzeffect der Beleuchtungsmittel kann daher nur eine vergleichende sein. Die *Güte* oder *Leistung* eines Beleuchtungsmaterials nennt man seine *Leuchtkraft*, sie hängt offenbar von zwei Momenten ab, 1. von der *Menge* oder *Stärke des Lichtes*, die es liefert, 2. von dem *Verbrauch* desselben in einer bestimmten Zeit. Beide Werthe werden auf irgend einen als Einheit dienenden Leuchtstoff bezogen. Die *Leuchtkraft* steht daher im geraden Verhältniß zur Lichtstärke, und im umgekehrten zum Stoffverbrauch, sie ist *gleich der Lichtstärke dividirt durch den Materialverbrauch*.

Die letztere Größe, der Verbrauch an Leuchtmaterial, wird gefunden bei festen und flüssigen Beleuchtungsmitteln durch Abwägen desselben und Wiederwägen nach einer gewissen gemessenen Dauer des Brennens. Der Verbrauch an Gas wird durch die Gasuhr gemessen.

Die *Lichtstärke* oder *Intensität* wird bestimmt durch Instrumente, die man *Photometer* nennt. Zur Erläuterung des Princips, nach welchem die Angaben der Photometer zum Behuf der Lichtstärkemessung verwerthet werden, diene Folgendes: Man denke sich eine hohle Pyramide, in der Spitze derselben einen leuchtenden Körper, der einen von den Wänden der Pyramiden begränzten

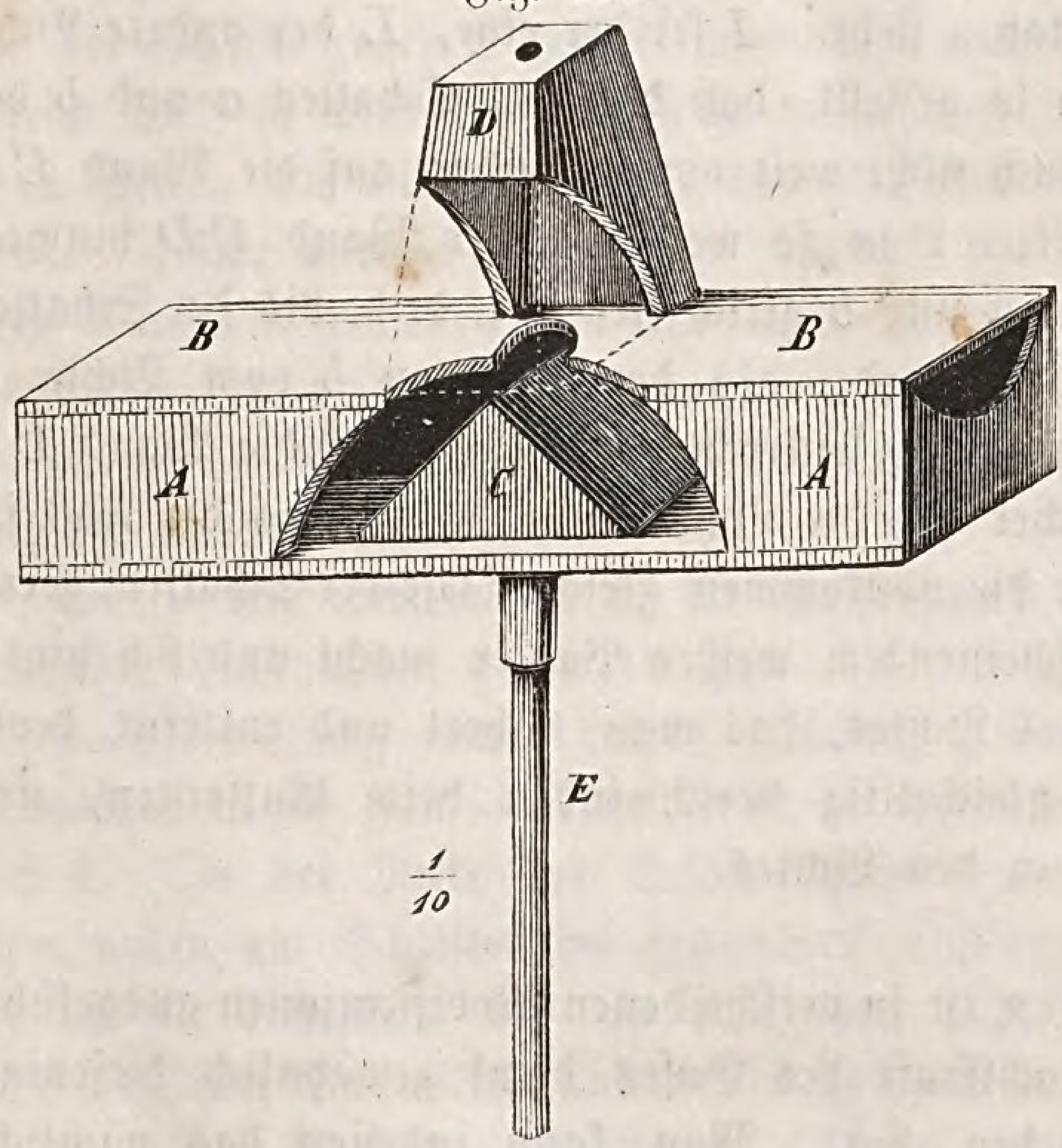
Lichtbüschel in das Innere derselben wirft. Die Basis der Pyramide sei beweglich, d. h. verschiebbar gegen die Spitze hin oder von dieser hinweg. Nehmen wir an, die am Perpendikel gemessene Entfernung der Basis von der Spitze sei in einem gegebenen Falle gleich 1, in einem andern gleich 2. Wir haben also zwei Pyramiden von gleicher Neigung der Wände, deren eine doppelt so hoch ist als die andere. In beiden Fällen ist die Lichtmenge, die auf die Basis fällt, ganz gleich groß. Es ist aber ein geometrischer Lehrsatz, daß die Größen der Grundflächen sich verhalten wie die Quadrate der Entfernung von der Spitze. Wenn daher die Oberfläche der Basis der kleineren Pyramide gleich 1 ist, so ist die der größeren gleich 4. Fällt auf eine Fläche von beispielsweise einem Quadratfuß ganz die nämliche Lichtmenge wie auf eine Fläche von 4 Quadratfuß, so ist ein einzelnes Flächenstück der ersteren vierfach stärker beleuchtet, als ein ebenso großes Flächenstück der letzteren. Es leitet sich auf diese Weise der Lehrsatz ab, daß die Lichtintensitäten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen von dem Lichtquell verhalten.

Die Lichtintensitäten zweier Lichtquellen, die ungleich sind, lassen sich dem Grade nach nur dadurch vergleichbar machen, daß man die Entfernungen derselben von einer das Licht auffangenden Wand so lange verändert, bis die Einwirkungen beider gleich sind, und dann die Entfernungen mißt und ins Quadrat erhebt. Die sich ergebenden Zahlen drücken das relative Verhältniß der Lichtintensitäten aus.

Die directeste Anwendung dieses Lehrsatzes ist in der Construction eines Photometers von Ritchie versucht. 174

Es ist *AB*, Fig. 226, ein längliches, innen und außen geschwärztes Holzkästchen, an beiden Enden mit halbkreisförmigen Oeffnungen versehen. *C* ist ein Prisma mit weißem Papier überzogen, *D* eine auf dem Deckel *BB* angebrachte abgestumpfte Pyramide, in deren oberer Fläche eine kleine Oeffnung angebracht ist. In dem Deckel *BB* ist eine etwas größere Oeffnung, die beiden sind senkrecht über einander und so angebracht, daß die obere Kante von *C* in deren Durchmesser fällt. Die zu vergleichenden Flammen stehen so, daß sie durch die seitlich angebrachten halbkreisförmigen Oeffnungen hindurch das Prisma *C* bescheinen. Man rückt auf einem horizontalen Brett die eine der Flammen so lange, bis die beiden Flächen

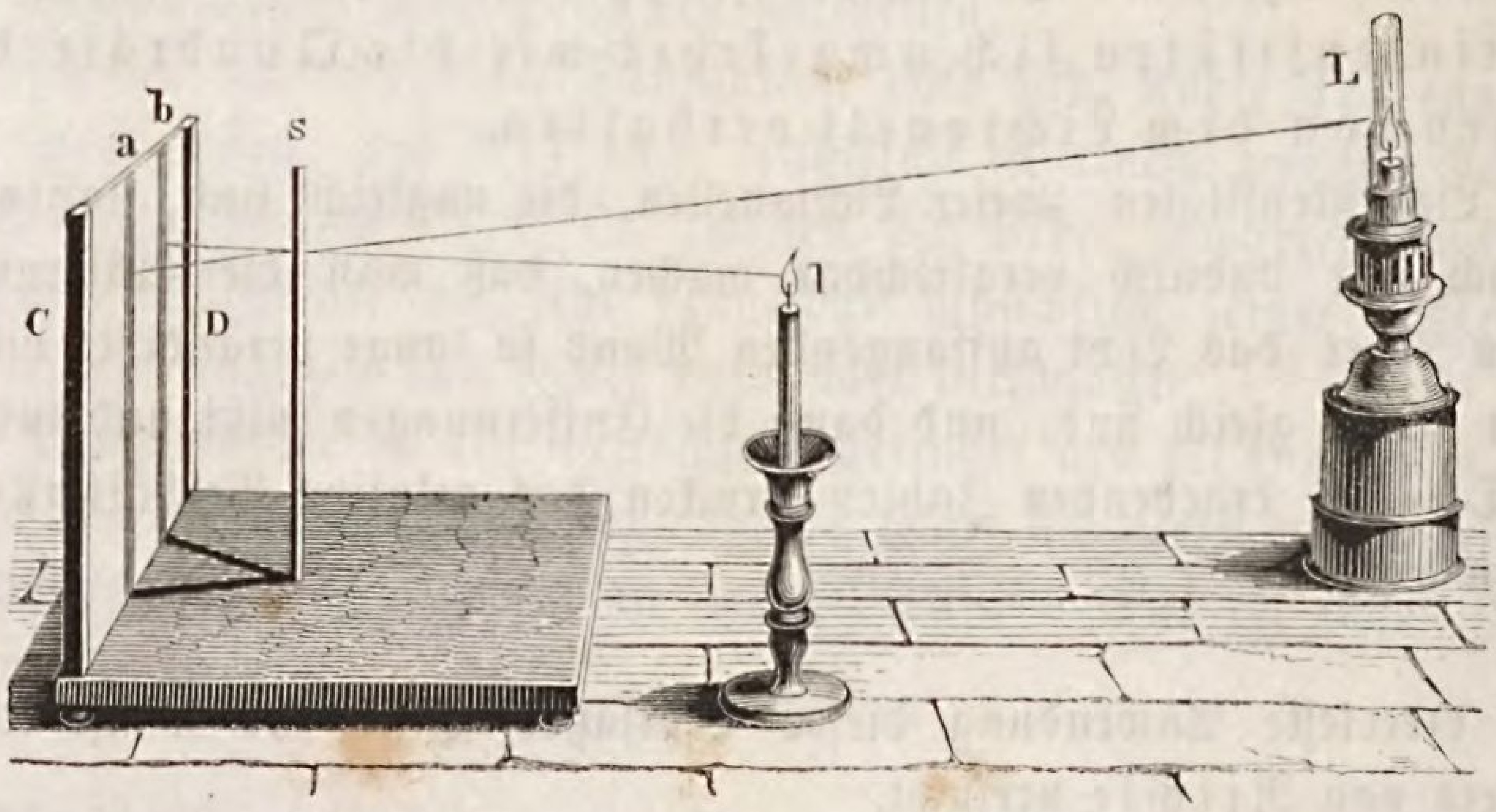
Fig. 226



von *C*, durch die Oeffnung bei *D* gleichzeitig besehen, ganz gleich hell erleuchtet erscheinen. Dies Instrument kann auf einen hohen Grad von Genauigkeit nicht Anspruch machen, namentlich dadurch werden Täuschungen leicht veranlaßt, weil die Flammen, die zu vergleichen sind, häufig verschiedene Färbung zeigen (mehr bläulich, gelblich oder röthlich), was auch auf den beiden reflectirenden Flächen sichtbar wird und eine scharfe Vergleichung sehr erschwert.

175 Das Photometer von Rumford beruht auf dem Umstande, daß ein von zwei entfernt von einander stehenden Flammen beleuchteter Gegenstand zwei Schatten wirft, die nicht gleich tief sind, wenn die Einwirkung der beiden Flammen auf die die Schatten auffangende Wand nicht ganz gleich ist. Es sei *CD*, Fig. 227,

Fig. 227.

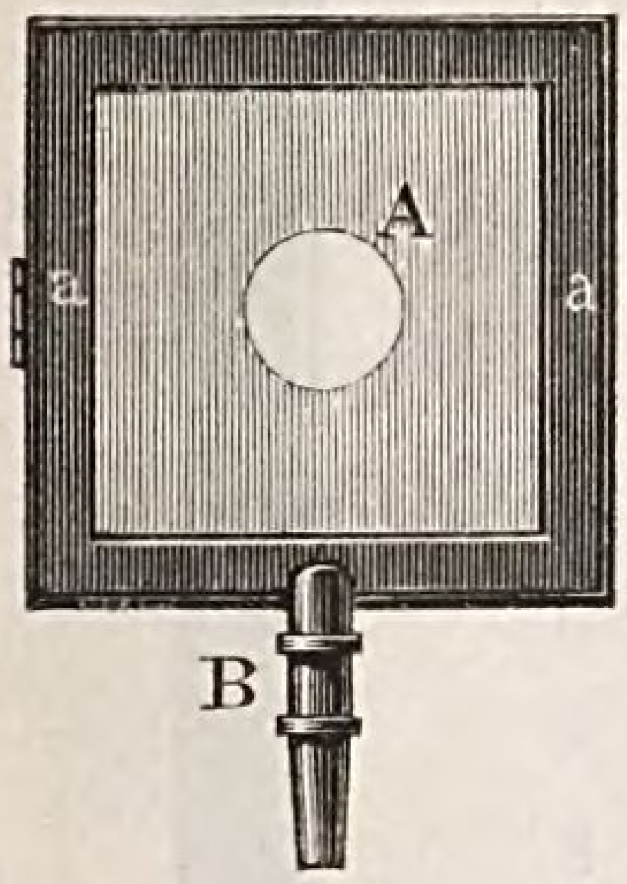


eine weiße Wand, von welcher in der Entfernung einiger Zolle der senkrechte berußte dünne und runde Eisenstab *s* steht. *l* sei der eine, *L* der andere Lichtquell. Die beiden Lichte werden so gestellt, daß die zwei Schatten *a* und *b* des Stabes *s* nicht zusammen, aber auch nicht weit von einander auf die Wand *CD* fallen. Es wird dann das stärkere Licht so weit von der Wand *CD* hinweggeschoben, bis die beiden Schatten *a* und *b* gleich tief sind, d. h. bis der Schatten *a* vom Lichte *L* so stark erleuchtet wird, als der Schatten *b* vom Lichte *l*. Man beobachtet gewöhnlich in möglichst senkrechter Richtung auf die Wand *CD* von der Seite blickend, auf welcher sich die Lichte befinden, ob dies der Fall ist. Etwas genauer erkennt man aber die vollkommen gleiche Tiefe der Schatten, wenn man die Wand *CD* aus durchscheinendem weißen Papier macht und sich hinter dieselbe stellt, und mit Hülfe eines Lichtes, das man nähert und entfernt, beobachtet, ob beide Schatten ganz gleichzeitig verschwinden beim Entfernen, und wieder sichtbar werden beim Nähern des Lichtes.

176 Das Photometer von Bunsen ist in verschiedenen Modificationen ausgeführt worden; zur Bestimmung der Leuchtkraft des Gases dient gewöhnlich diejenige, welche Wright demselben gegeben hat. Man kann indessen das nämliche Instrument auch zur Lichtstärkebestimmung von Kerzen, Lampen u. s. w. gebrauchen.

Die Stäbe SS', Fig. 228 (a. f. S.), sind auf einem 10 bis 12 Fuß langen schmalen Tische festgeschraubt, sie tragen die Schiene oo', die 8 bis 9 Fuß lang ist. Auf diese Schiene ist ein Maßstab aufgetragen, dessen Eintheilungsprincip wir unten erörtern werden; es befindet sich ferner darauf auf einem Schlitten beweglich ein vertical und auf der Richtung der Schiene senkrecht stehender Papierschirm, dessen Klapprahm von Holz oder Blech gemacht ist, Fig. 229. Dieser Schirm wird bis auf eine kreisrunde Stelle A in der Mitte, welche man mit einem Geldstück bedeckt hält, mit einer Lösung von Wallrath in Benzin getränkt, indem man diese mit einem Läppchen wiederholt einreibt, so daß er mit Ausnahme von A transparent wird. Am hinteren Theile des Rahmens ist durch ein Charnier ein Doppelspiegel befestigt. Die beiden ebenen Glasflächen stehen gegen einander in einem Winkel von 90°, so daß jede in einem Winkel von 45° gegen den Schirm geneigt ist. Sieht man gleichzeitig in die beiden Spiegel, so erblickt man die beiden Flächen des Schirmes darin reflectirt.

Fig. 229.



Bei der gewöhnlichen Einrichtung ist rechts bei S' eine Hülse für die Normalkerze, und links bei S ist der Gasbrenner auf ein Rohr aufgesteckt, in das aus einer genauen Gasuhr, deren Einrichtung näher zu beschreiben ist, das zu untersuchende Gas strömt.

Angenommen, die Gasflamme und die Kerzenflamme haben ganz gleiche Lichtstärke, so wird die nicht transparente Stelle des Schirms auf beiden Seiten weder dunkler noch heller als die transparenten Stellen erscheinen, wenn der Schirm von beiden Flammen ganz gleich weit entfernt ist. Die nicht transparente Stelle des Schirms wird aber auf der Seite von S dunkler erscheinen, wenn der Schirm gegen S' gerückt wird, und umgekehrt. Sind die beiden Flammen ungleich stark, so wird der Schirm so lange nach rechts oder links gerückt, bis auf beiden Seiten die mittlere Stelle des Papiers sich nicht mehr von der transparenten Fläche unterscheiden läßt. Werden die Entfernungen des Schirms von beiden Flammen gemessen und ins Quadrat erhoben, so erhält man die relativen Lichtstärken der beiden Beleuchtungsmittel. Um das Erheben ins Quadrat zu ersparen, ist der Maßstab auf der Schiene oo' gleich so eingetheilt, daß die Zahlen direct die Lichtstärken angeben.

Es sei der Schirm, d. h. die Entfernung der beiden in Vergleichung zu nehmenden Lichtquellen gleich 10 Fuß oder 100 Zoll. Steht der Schirm bei ganz gleicher Beleuchtung seiner beiden Flächen genau in der Mitte, also von der Normalflamme 50 Zoll entfernt, so ist die Lichtstärke des zu vergleichenden Lichtes gleich 1. In der Mitte der Schiene steht daher die Ziffer 1, auf welche der Zeiger unten am Schlitten bei genannter Stellung des Schirmes weist.

Ist die Lichtstärke des zu prüfenden Lichtes gleich 2, so steht der Schirm 41,42 Zoll vom Normallicht und 58,58 Zoll von der stärkeren Flamme entfernt, denn

$$41{,}42^2 : 58{,}58^2 = 1715{,}6 : 3431{,}6 = 1 : 2;$$

bei der Stelle, die 41,42 Zoll vom Normallicht entfernt ist, steht daher die Zahl 2 u. s. w.

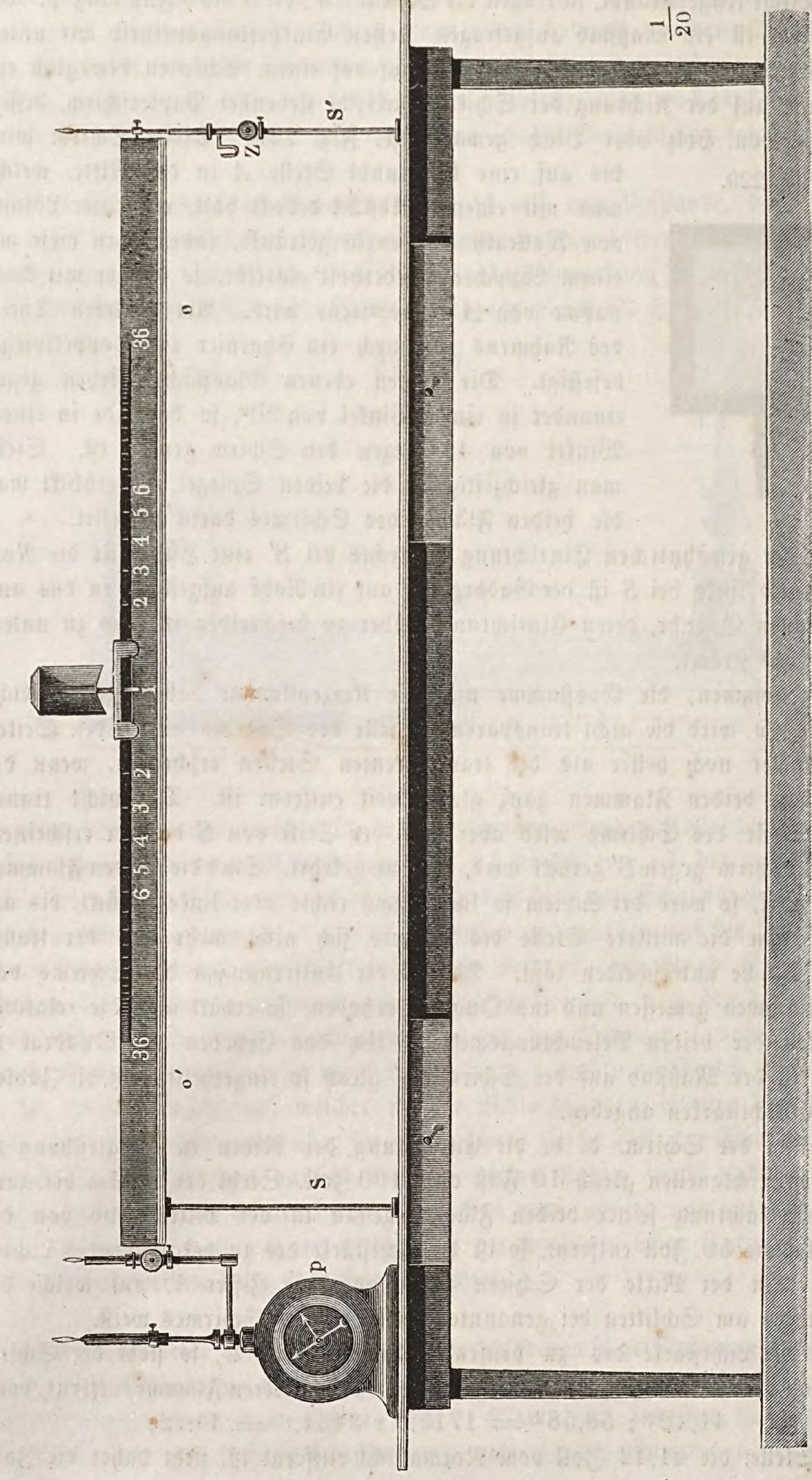


Fig. 228.

Die nachstehende Tafel enthält die Differenzen von dem Normallicht, bei welchen der Schirm stehen muß, um die nebenstehenden Lichtstärken von 1 bis 25 anzugeben, wenn die ganze Entfernung zwischen beiden Flammen gleich 100 ist.

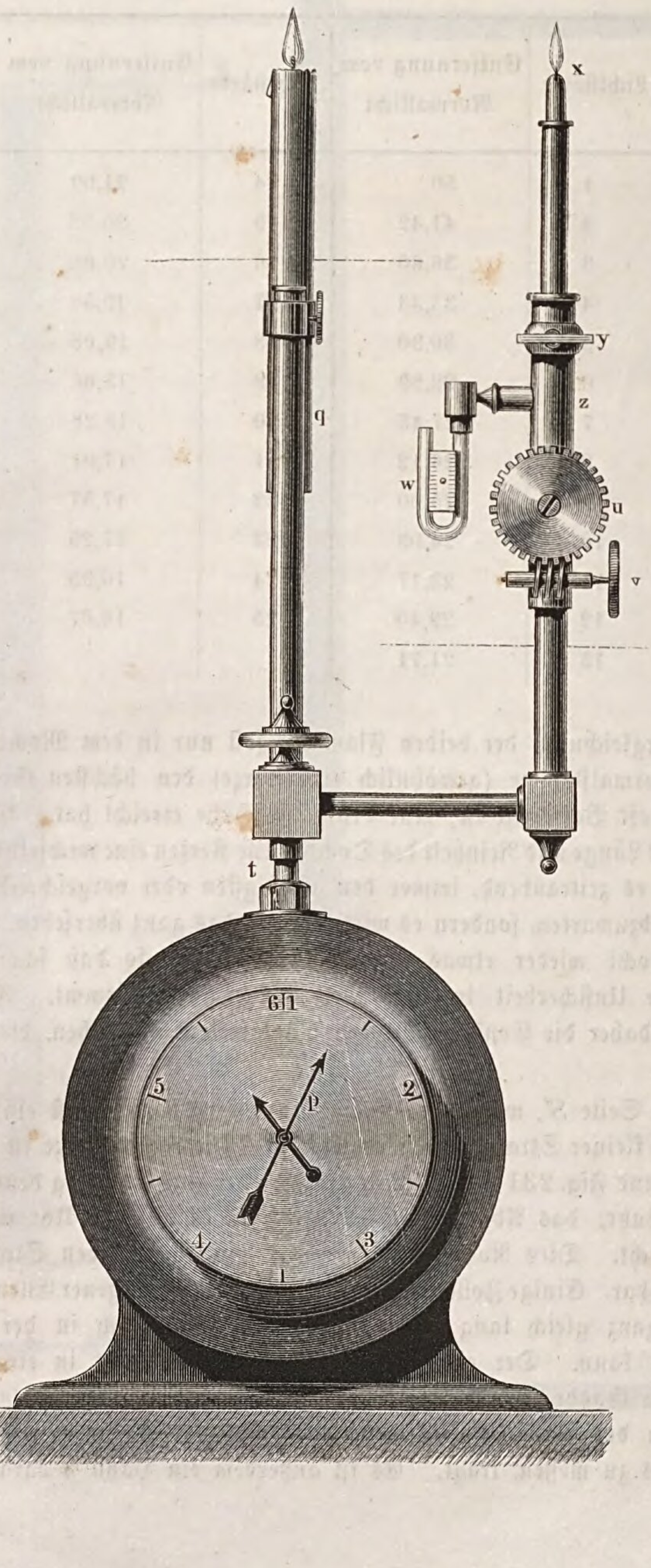
Lichtstärke	Entfernung vom Normallicht	Lichtstärke	Entfernung vom Normallicht
1	50	14	21,09
2	41,42	15	20,52
3	36,60	16	20,00
4	33,33	17	19,52
5	30,90	18	19,08
6	28,99	19	18,66
7	27,43	20	18,28
8	26,12	21	17,91
9	25,00	22	17,57
10	24,03	23	17,25
11	23,17	24	16,95
12	22,40	25	16,67
13	21,71		

Die Vergleichung der beiden Flammen soll nur in dem Momente geschehen, wenn die Normalflamme (gewöhnlich eine Kerze) den höchsten Grad der Helle, oder, wie es oft Vorschrift ist, eine bestimmte Höhe erreicht hat. Es ist bekannt, daß je nach der Länge und Reinheit des Dochtes alle Kerzen eine wechselnde Helle zeigen. Nicht nur ist es zeitraubend, immer den günstigsten oder vorgeschriebenen Zustand der Flamme abzuwarten, sondern es wird auch oft das ganz übersehen, und gemessen, wenn der Docht wieder etwas verrußt ist u. s. w., so daß schon aus diesem Grunde viele Unsicherheit in das Messungsverfahren kommt. Als eine Verbesserung ist daher die Construction des Photometers anzusehen, die in Fig. 228 dargestellt ist.

Auf der Seite *S'*, wo sich sonst die Normalkerze befindet, ist ein Gasleitungsrohr und ein kleiner Strahlbrenner angebracht. Die Normalkerze ist auf der Seite *S*. Fig. 230 und Fig. 231 (s. S. 302 u. 303) werden ihre Stellung deutlicher machen. *p* ist die Gasuhr, das Abzugsrohr für das Gas ist auf der Uhr wie gewöhnlich bei *t* angebracht. Dies Rohr steckt in einer gut schließenden Stopfbüchse, und ist darin drehbar. Einige Zolle über der Uhr ist ein messingener Ellenbogen, dessen beide Arme ganz gleich lang sind, angebracht, welcher sich in der horizontalen Ebene drehen kann. Der eine Arm ist hohl und mündet in einen senkrechten Theil, der den Gasbrenner, einen Hahn *u* mit Mikrometerschraube *v* zum genaueren Reguliren des Gasausflusses und ein Manometer *w*, um den Druck des strömenden Gases zu messen, trägt. Es ist außerdem ein Hahn *y* daran angebracht,

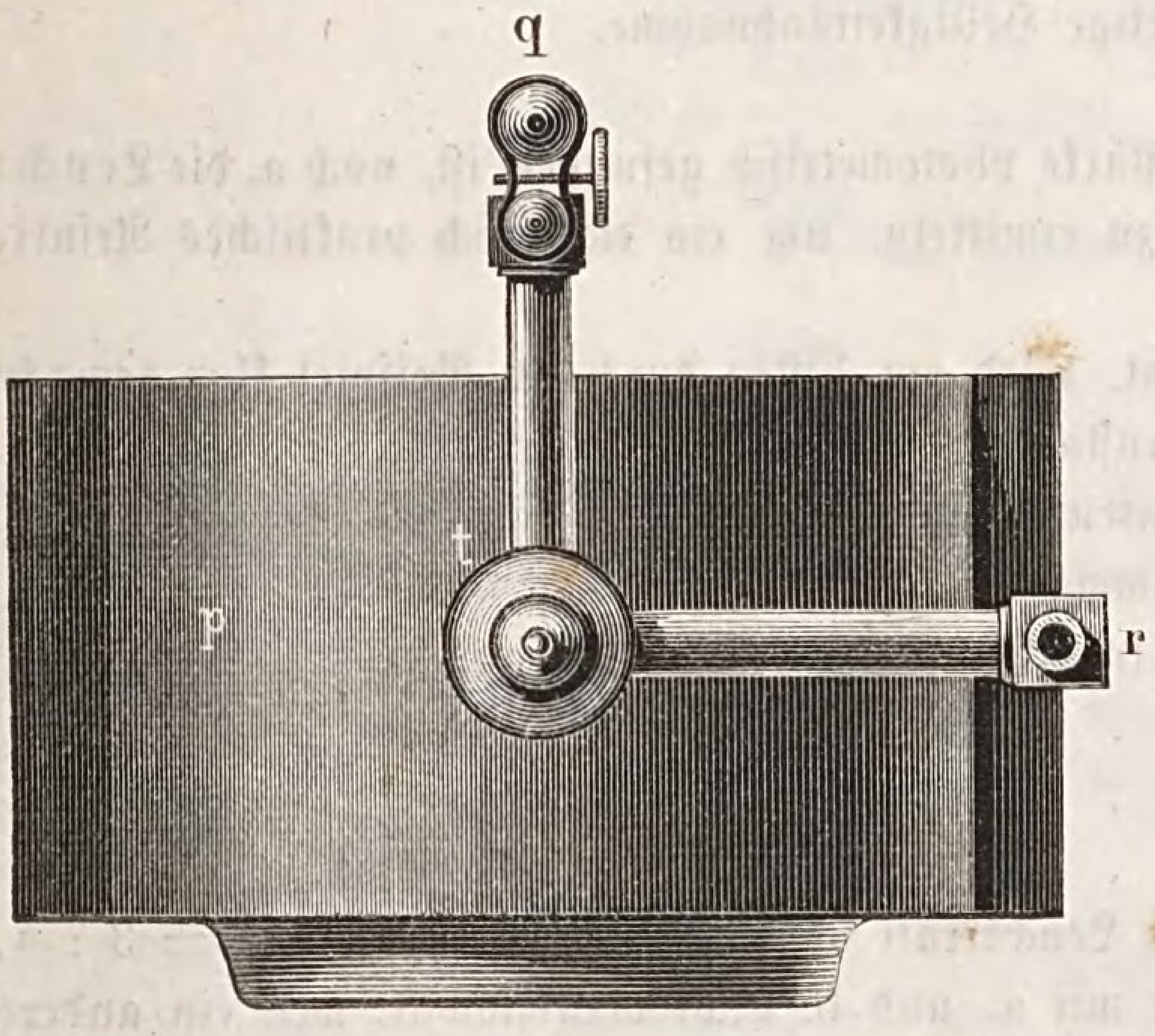
um das Gas ganz absperren zu können. Der andere Arm trägt eine verticale Hülse für die Normalkerze. Bei Beginn des Versuchs wird der Hahn *y*, Fig. 230,

Fig. 230.



geschlossen gehalten, die Normalkerze angezündet und der Arm q, der in Fig. 231, dem Grundriß der Uhr und des Ellenbogen, am deutlichsten sichtbar ist, an die Schiene o' angelegt. Der Strahlbrenner bei S' wird auch angezündet, und sobald die Kerzenflamme ihre günstigste oder vorgeschriebene Höhe hat, wird an dem durch Mikrometerschraube drehbaren Hahn Z Fig. 228 so lange probirt, bis diese Gasflamme ganz genau die Lichtstärke der Normalkerze zeigt, d. h. bis der Schirm bei 1 stehend auf beiden Seiten ganz gleich erscheint. Ist der Druck, den das Gas erhält, während der Dauer des Versuchs nicht veränderlich, so behält man eine Flamme von ganz gleichbleibender Stärke. Am Manometer bei w kann man sehen, ob Veränderungen im Druck stattfinden. Die Kerze wird gelöscht und nun werden die Versuche ganz in der gewöhnlichen Weise ausgeführt.

Fig. 231.



Die Gasuhr p hat eine von der gewöhnlichen etwas abweichende Einrichtung. Dieselbe muß genau gearbeitet sein, und es ist ein zweites Zeigerwerk daran angebracht, das vermöge starker Uebersetzungen mit viel stärkerer Geschwindigkeit umläuft, als das Schaufelwerk. Dieser zweite Zeiger giebt die Anzahl Kubikfuß an, die bei einer Beobachtung von einer Minute Dauer in einer Stunde durch die Uhr gehen. Es ist, um den Anfang und das Ende der Beobachtungszeit genau messen zu können, deshalb neben der Gasuhr ein Secundenzähler nothwendig.

Wesentlich bei Versuchen mit dem Photometer ist, daß die Wände des Zimmers so wenig als möglich Licht reflectiren, dieselben sind deshalb dunkel anzustreichen. Unübersteigliche Schwierigkeiten boten bis jetzt bei allen photometrischen Versuchen die Wahl einer passenden Einheit, auf welche die verglichenen Flammen zurückzuführen sind. Gewöhnlich bedient man sich hierzu einer Kerze, und zwar in Deutschland meist einer Wachs- oder Stearinkerze, in England der Wallrathkerzen. Die Anzahl Kerzen, die auf 1 Pfd. gehen, die Verschiedenheit des Civilpfundes in verschiedenen Ländern, der Gebrauch, ob man das Netto- oder Bruttopfund zu verstehen habe, endlich wenn auch alle diese Schwankungen beseitigt sind, das Verhältniß der Dicke zur Länge der Kerzen und andere influirende Umstände sind bei den vorhandenen Versuchen der Lichtstärkemessung selten genau genug angegeben, um eine Versuchsreihe mit der eines anderen Experimentatoren in recht genaue Vergleichung nehmen zu können. 177

Die Uhrlampe als Einheit begegnet einigen der angegebenen Schwierigkeiten, keineswegs aber allen. Ist auch die Weite des Dochtes genau bestimmt

und der stündliche Consum ebenfalls, so hängt Größe und Helligkeit der Flamme jedenfalls noch ab von der Weite und Stellung des Zugglases, und letztere von der Art und dem Grade der Reinigung des Oeles. Die Lampen zeigen überdies bei längerem Brennen eine stetige Helligkeitsabnahme.

178 Es ist, nachdem die Lichtstärke photometrisch gefunden ist, noch a. die Leuchtkraft, b. der Leuchtwerth zu ermitteln, um ein eigentlich praktisches Resultat zu erzielen.

Wie dies zu geschehen hat, wird am besten durch ein Beispiel klar gemacht:

a. Eine Kerzenflamme gebe die Lichtstärke = 1
b. eine Moderateurlampe » » » = 4
c. eine Gasflamme » » » = 10

Es betrage der Consum in einer Stunde

von a. . . . . 16 Gramm
» b. . . . . 48 »
» c. . . . . 4 Kubikfuß.

Es verhält sich daher die Leuchtkraft von a. : b. = $^1/_{16}$: $^4/_{48}$ = 3 : 4. Die Leuchtkraft von c. ist mit a. und b. nicht vergleichbar, weil ein anderes Maß für den Consum genommen werden muß.

Es seien aber die Preise der drei Beleuchtungsmittel folgende:

100 Gramm von a. kosten 20 Centimes, Pfennige ꝛc.
100 » » b. » 18 » »
100 Kubikfuß » c. » 90 » »

Die Beleuchtungskosten abgesehen von der Lichtstärke pro Stunde sind dann

von a. $\frac{16 \times 20}{100}$ = 3,20 Centimes oder Pfennige
von b. $\frac{48 \times 18}{100}$ = 8,64 » » »
von c. $\frac{90 \times 4}{100}$ = 3,60 » » »

Technisch sind diese letzten Ziffern völlig bedeutungslos, nichtsdestoweniger sind sie in den Bedürfnissen des täglichen Lebens nicht ohne Werth. Bei bescheidenen Ansprüchen an die Stärke des erzeugten Lichtes drängt sich die Frage oft sehr in den Vordergrund, was kostet die Beleuchtung? Häufig ist die wohlfeilere, abgesehen von dem Effect, die vorgezogene. Wenn z. B. auch die Leuchtkraft der Moderateurlampe b. größer ist als die der Kerzenflamme a., so giebt es doch Fälle genug, in welchen letztere, weil sie ein ausreichendes, wohlfeileres Licht giebt, den Vorzug verdient.

Aus den drei Elementen, der Lichtstärke, dem Consum und dem Preis der Beleuchtungsmittel, können noch zwei andere Ausdrücke gesucht werden, die für die Praxis von Werth, ja so zu sagen die Zielpunkte der ganzen Untersuchung sind.

Man hat nämlich noch zu fragen 1. nach den Beleuchtungskosten bei gleichen Effecten und 2. nach dem Leuchtwerth, d. h. der Lichtmenge, die bei gleichem Kostenaufwand hervorgebracht wird.

Die Beleuchtungskosten bei gleichem Effect werden gefunden, wenn man die zuletzt gefundenen Werthe, d. i. die Beleuchtungskosten, ohne Rücksicht auf den Effect durch die Lichtstärken dividirt; man hat also

$$\text{für a. } \frac{3{,}20}{1} = 3{,}200$$

$$\text{» b. } \frac{8{,}64}{4} = 2{,}160$$

$$\text{» c. } \frac{3{,}60}{10} = 0{,}360$$

d. h. wenn eine gewisse Menge Licht, mit dem Material a. hervorgebracht, 3,2 Pfennige, Centimes u. s. w. kostet, so kostet die gleiche Lichtmenge aus c. 0,36 Pfennige, Centimes u. s. w.

Der Leuchtwerth, d. h. die Lichtmenge, die bei ganz gleichen Kosten hervorgebracht wird, wird in folgender Weise aus den obigen Werthen abgeleitet.

Es sei

$$\text{der Leuchtwerth von a. . .} = 1$$

$$\text{so ist der für b. .} = \frac{3{,}20}{2{,}16} = 1{,}48$$

$$\text{und der für c. .} = \frac{3{,}20}{0{,}36} = 8{,}8$$

d. h. es verhalten sich, wie begreiflich, die Beleuchtungskosten bei gleichen Effecten umgekehrt wie die Effecte bei gleichen Kosten

$$2{,}16 : 3{,}20 = 1 : 1{,}48$$

$$0{,}36 : 3{,}20 = 1 : 8{,}8$$

$$0{,}36 : 2{,}16 = 1{,}48 : 8{,}8$$

Zur Werthermittelung von Leuchtgasen dient häufig die Bestimmung ihres 179
specifischen Gewichtes.

Diese Methode ist, vorausgesetzt, das specifische Gewicht eines Gases lasse sich schnell und genau genug ermitteln, immerhin nicht frei von Fehlern, die dem Princip zugeschrieben werden müssen, bei der Schwierigkeit einer chemischen Analyse des Leuchtgases und der Mangelhaftigkeit der photometrischen Methoden ist sie indessen sehr beachtenswerth.

Daß diese Methode, welche nur den Sinn haben kann, daß das höhere specifische Gewicht auf größeren Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen schließen lasse, zu falschen Schlüssen führen könne, geht aus Folgendem hervor.

Das Leuchtgas besteht im Wesentlichen aus

Wasserstoffgas, specifisches Gewicht	. . .		= 0,0692
Sumpf- oder Grubengas, specif. Gewicht			= 0,5528
Oelbildendes oder Elaylgas	»	»	= 0,9675
Kohlenoxyd	»	»	= 0,9675

Die übrigen gas- und dampfförmigen Körper influiren ihrer geringen Menge wegen nicht stark auf das specifische Gewicht des Leuchtgases.

Ein Gasgemenge, das viel Kohlenoxyd enthält, kann nach Obigem als ebenso

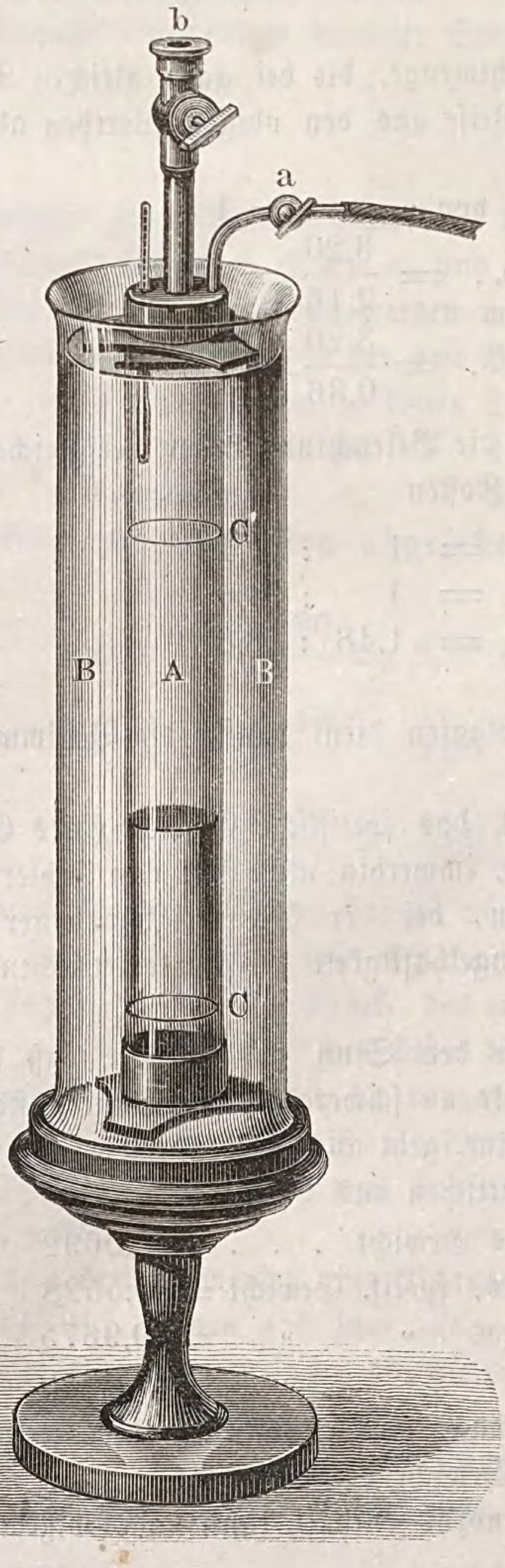
schwer erscheinen, als ein elaylreiches Gas, müßte also als ebensogut angesehen werden, als letzteres, was doch keineswegs der Fall ist.

Zwei von Frankland untersuchte Leuchtgasarten aus Newcastle-Kohlen erzeugt, hatten folgende Zusammensetzung und specifisches Gewicht:

Specif. Gewicht	Elayl- und Ditetrylgas	Kohlenoxydgas	Grubengas	Wasserstoffgas
a. 0,4152	0,0694	0,1250	0,1808	0,0350
b. 0,3761	0,0699	0,0718	0,1940	0,0359

Während die schweren Kohlenwasserstoffe, das Grubengas und Wasserstoffgas, in beiden in beinahe gleicher Menge vorkommen, sinkt in b. der Kohlenoxydgasgehalt beträchtlich, und mit ihm das specifische Gewicht.

Fig. 232.



Nichtsdestoweniger hat man eine unverkennbare Correspondenz der specifischen Gewichte und der Leuchtkraft in größeren Reihen von Untersuchungen gefunden, was nur soviel heißen kann, daß die Dichtigkeitszunahme wesentlich von der Zunahme der schweren Kohlenwasserstoffe abhängt.

Der zweckmäßigste Apparat ist der von Bunsen angegebene, welcher für technische Zwecke von Schilling (Fig. 232) etwas modificirt wurde. Derselbe gründet sich auf den physikalischen Lehrsatz: daß beim Ausströmen zweier Gase aus engen Oeffnungen in dünner Platte sich deren Ausflußgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren Dichtigkeiten verhalten. Wenn also die Dichtigkeit eines Gases umgekehrt proportional ist dem Quadrat der Ausflußgeschwindigkeit, so ist sie direct proportional dem Quadrat der Zeit, die zu seinem Ausströmen gebraucht wird.

Es sei z. B. die Zeit, die zum Ausströmen eines gewissen Volumens atmosphärischer Luft nöthig ist = 260 Secunden, die zum Ausströmen eines Leuchtgases = 200 Secunden, so ist, wenn 1 das specif. Gewicht der Luft, x das specif. Gewicht des Leuchtgases, $260^2 : 200^2 = 1 : x = 67600 : 40000 = 1 : 0,591$.

Es ist aber noch für den Fall, daß das Leuchtgas eine andere Temperatur als die Luft hatte, eine Correctur anzubringen.

T sei das Volumen der Gase bei gleicher Temperatur gedacht. Das Leuchtgas wird aber bei einem veränderten Temperaturstande von $\pm t^0$ C. das Volum $1 \pm t^0 \times 0{,}00367$ einnehmen.

Die Correctur ist in folgender Weise einzuführen:

$$67600 \times (1 \pm t^0 \times 0{,}00367) : 40000 = 1 : x.$$

Es sei $t^0 = + 5^0$ C., so ist im obigen Beispiel $67600 \times (1 + 5 \times 0{,}00367) : 40000 = 1 : x$, das ist $68840 : 40000 = 1 : 0{,}581$.

Der Apparat von Schilling besteht aus einer cylindrischen Glasröhre A von $1^1/_2$ Zoll innerem Durchmesser und 18 Zoll Länge. Das obere Ende derselben ist in einen Messingdeckel eingekittet, durch welchen das Einströmungsrohr a einmündet, und der in seiner Mitte das Ausströmungsrohr b trägt, während zugleich ein Thermometer in denselben eingelassen ist, dessen Kugel in den Cylinder hineinreicht. Das Einströmungsrohr ist ein Messingrohr von $^1/_8$ Zoll lichter Weite, oberhalb des Deckels umgebogen und mit einem Hahn versehen. Es wird durch einen übergeschobenen Gummischlauch mit der festen Gasleitung in Verbindung gebracht. Das Ausströmungsrohr b ist $^1/_2$ Zoll weit und oben mit einer Platte von Platinblech geschlossen. Im Centrum dieser Platte befindet sich eine mittelst einer feinen Nadel hergestellte und nachher ausgehämmerte Oeffnung, welche dem Gase als Ausströmungsöffnung dient. Das Rohr hat einen Hahn, durch welchen einmal der Cylinder abgeschlossen, zweitens die Verbindung zwischen dem Cylinder und der Ausströmungsöffnung, drittens die Verbindung zwischen dem Cylinder und der atmosphärischen Luft hergestellt werden kann.

BB ist ein cylindrisches Gefäß von 5 Zoll innerer Weite, welches so weit voll Wasser gefüllt wird, daß dieses bis nahe an den oberen Rand tritt, sobald der Cylinder mit Luft oder Gas gefüllt in denselben hineingebracht wird.

Dieser Wasserstand ist durch eine Marke am Glase bezeichnet. Der innere Cylinder hat zwei Marken $C C'$, deren Entfernung von einander 1 Fuß beträgt, und von welchen C um $2^1/_2$ Zoll vom unteren Rande des Cylinders entfernt ist.

Die Manipulation mit dem Apparate ist folgende: Man taucht zunächst den mit atmosphärischer Luft gefüllten Cylinder A in das mit Wasser richtig gefüllte Gefäß B ein und stellt es auf den Boden desselben vertical auf. Wenn man den inneren Cylinder von recht massivem Glas herstellt, so erreicht man den Vortheil, daß er vermöge seiner eigenen Schwere steht, während man ihn sonst niederhalten muß. Das Wasser wird bis zu einer gewissen Höhe in den Cylinder eintreten, aber noch unterhalb der Marke C bleiben. Nun öffnet man den Hahn im Ausflußrohr so, daß die Luft aus der Oeffnung in der Platinplatte entweicht. Das Wasser tritt langsam in dem Meßcylinder in die Höhe. Sobald es die Marke C passirt, fängt man nach einer Secundenuhr zu beobachten an. Die Markstriche sollen horizontal um die ganze Glaswandung herumgehen, damit sie deutlich gesehen werden können. Die Luft braucht etwa 5 Minuten, bis sie zur Marke C' aufsteigt, der Zeitpunkt, wo sie die Marke passirt, wird wieder notirt; zugleich wird der Stand des Thermometers abgelesen, der Ausflußhahn geschlossen, und die erste Beobachtung ist fertig. Weiter wird zunächst die Verbindung des Einflußrohres

mit der Gasleitung durch ein Kautschukrohr hergestellt, der Einlaßhahn geöffnet und Gas eingelassen, indem man den Cylinder wieder in das Wasser eintaucht. Dieses Füllen und Entleeren wiederholt man mehrere Mal, um alle atmosphärische Luft, die vom ersten Versuch oberhalb des Wasserspiegels übrig geblieben war, zu entfernen. Dann füllt man noch einmal, schließt den Auslaßhahn, und stellt den Cylinder wieder auf den Boden des Gefäßes. Nach Oeffnen des Auslaßhahnes strömt das Gas aus der Oeffnung in der Platinplatte aus, ebenso wie vorher die atmosphärische Luft. Man beobachtet wieder die Zeitpunkte, wo das Wasser die beiden Marken C und C' passirt, notirt den Thermometerstand, und hat damit die zur specifischen Gewichtsbestimmung nöthigen Daten gesammelt.

180 Aufschluß über die Güte eines Leuchtgases giebt endlich auch die chemische quantitative Analyse. Wegen der Schwierigkeiten der Ausführung einer solchen exacten Untersuchung und aus Mangel an den dazu nöthigen Einrichtungen ist dieselbe dem Kreise der Arbeiten des Technikers entzogen. Sie ist mit noch einer anderen Schattenseite behaftet, die ihr für häufigeren Gebrauch zu Werthbestimmungen der Leuchtgase hinderlich ist, nämlich daß sie längere Zeit in Anspruch nimmt, als in der Regel für solche Ermittelungen vergönnt ist. Ihre genaue Darlegung fordert endlich mehr Raum als wir noch zur Verfügung haben. Wir ziehen daher vor, für diese rein wissenschaftliche Parthie auf die literarischen Hülfsmittel zu verweisen, in welchen derjenige sich genauen Rathes erholen kann, der in die Lage kommt, solche Arbeiten auszuführen. Es sind:

1. Gasometrische Methoden von R. Bunsen, Braunschweig 1857.
2. Anleitung zur organischen Analyse und Gasanalyse von J. Schiel, Erlangen 1860.

181 Die durch Versuche ermittelten Werthe der wichtigsten Leuchtmaterialien und Beleuchtungsapparate sind der Hauptsache nach in Folgendem zusammengestellt.

1. Leuchtkraft der Kerzen.

Karmarsch und Heeren fanden bei Vergleichung von sechs Sorten Wachskerzen aus der gleichen Fabrik, wovon zwei Sorten 4, zwei Sorten 6, eine Sorte 5 und eine Sorte 8 Kerzen aufs Pfund (das Nettopfund wog nie mehr als 27 bis 28 Loth)*) enthielten, und worunter die beiden Sorten Vierer und die beiden Sorten Sechser in ihrer Länge und Dochtstärke etwas verschieden waren, mit vier Sorten Stearinsäurekerzen aus zwei verschiedenen Fabriken, wovon zwei Sorten 6, die dritte 4 und eine Sorte 5 Stück aufs Pfund (Nettopfund einer Sorte $27\frac{1}{8}$ Loth, der andern $30\frac{1}{16}$ bis $30\frac{1}{8}$ Loth) enthielten, folgende Durchschnittswerthe:

---

*) Es wurde das hannoversche Pfund zu Grunde gelegt.

Tabelle I.

	A. Durchschnittlicher Materialverbrauch pro Stunde	B. Durchschnittliche Lichtstärke	C. Leuchtkraft	
			direct $= \frac{B}{A}$	Wachs = 100
Wachs	0,574	91,55	1,609	100,00
Stearin . . .	0,668	89,52	1,340	83,28

In einer zweiten Versuchsreihe haben dieselben Verfasser auch Wallrath- und Talgkerzen aufgenommen.

Die Wallrathkerzen enthielten 3 Proc. Wachs, es wurden drei Sorten zu den Versuchen benutzt, zu 4, 5 und 6 Stück aufs Pfund, welches $30^1/_2$ bis 31 Loth wog.

Die Talgkerzen waren Sechser von zwei verschiedenen Fabriken, das Nettopfund zu $29^5/_{16}$ bis $30^5/_8$ Loth.

Die Durchschnittsergebnisse für jede der genannten Kerzenarten waren:

Tabelle II.

	A. Durchschnittlicher Materialverbrauch pro Stunde	B. Durchschnittliche Lichtstärke	C. Leuchtkraft	
			direct $= \frac{B}{A}$	Wachs = 100
Wachs	0,5878 Loth	102,0	1,7349	100,00
Stearinsäure .	0,6483 »	95,5	1,4730	84,10
Wallrath . . .	0,5781 »	108,3	1,8733	108,20
Talg	0,5781 »	90,25	1,5800	90,00

Bei Gelegenheit dieser Versuche wurde die Beobachtung gemacht, daß der Consum dünnerer Kerzen geringer ist als der der stärkeren, daß also 1 Pfund Achter Talgkerzen z. B. länger anhält, als 1 Pfund Sechser Talgkerzen. Die Lichtstärke ist ungefähr dem Consum proportional, so daß also die Leuchtkraft der verschiedenen Kerzensorten ebenfalls beinahe gleich herauskommt.

Es muß an der obigen kleinen Tabelle auffallen, daß die Talgkerzen über die Stearinkerzen zu stehen kommen. Man weiß jedoch, daß vermöge des dickeren, sich häufig mit angesetzter Kohle verstopfenden Dochtes die Helligkeit eines Talglichtes viel größeren Schwankungen unterliegt als die irgend einer anderen Kerzenart. Es wird aber in solchen Versuchen begreiflich immer nur bei der günstigsten Flammengröße, also bei der größten von der Kerze producirbaren Helligkeit, wenn sie sich eben im frisch gereinigten Zustande befindet, gemessen. Diesem Umstande zumeist muß obiges Resultat zugeschrieben werden.

Andere Autoren haben indessen etwas abweichende Resultate erhalten. Rößler z. B. fand bei Vergleichung von einer Wachskerze (Vierer, 6,7 Loth wiegend und $9^1/_2$ Stunden brennend) mit einer Stearinkerze (Sechser, 4,09 Loth wiegend und $6^3/_4$ Stunden brennend) und einer Talgkerze (Sechser, 4,46 Loth wiegend und 7 Stunden 23 Minuten brennend) folgende Ergebnisse:

Die Leuchtkraft des Wachses . . . . = 100
» » der Stearinkerze . . . . = 95
» » » Talgkerze . . . . = 95

Nach Versuchen von Karsten stellt sich sogar die Leuchtkraft der Stearinkerzen um weniges höher als die der Talgkerzen, nämlich wie 55 für Talg zu 56 für Stearin.

Ueber die Leuchtkraft der Paraffinkerzen hat Zinken Untersuchungen angestellt, die Aufschluß geben sollen über den Werth derselben verglichen mit Stearinsäurekerzen.

Tabelle III.

Er fand die Leuchtkraft von Stearinkerzen 4 aufs Pfund zu 0,599 oder = 100.

1)	3	Stück der Paraffinkerzen von Aschersleben (a) zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,593	oder	98,99
2)	2	» der Paraffinkerzen von Bonn zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,668	»	111,35
3)	6	» der Paraffinkerzen von Bitterfeld zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,734	»	122,54
	6	» der Paraffinkerzen von Großmühlingen zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,739	»	123,37
4)	11	» der Paraffinkerzen von Weißenfels zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,809	»	135,06
5)	3	» der Paraffinkerzen von Aschersleben (b. andere Fabrik) zeigten eine mittlere Leuchtkraft von	0,876	»	146,24

Diese Verschiedenheiten sind viel bedeutender als sie bei ein und demselben Materiale vorkommen sollten. Es muß angenommen werden, daß die Paraffine, woraus die Kerzen dargestellt sind, in ihrer Zusammensetzung, ihrem Schmelzpunkt u. s. w. sehr von einander abweichen (vergl. §. 92 S. 104 d. Bd.) oder daß sehr verschiedene Mengen Stearinsäure denselben vor dem Gießen der Kerzen zugesetzt wurden. Auf diese Ergebnisse läßt sich kaum ein Urtheil über die Leuchtkraft des Paraffin in einem einzigen Ausdruck geben. Man kann etwa sagen, daß die geringsten Paraffinkerzen in ihrer Leuchtkraft den Stearinkerzen sehr nahe stehen, daß aber die besten selbst die Wachskerzen und Wallrathkerzen übertreffen. Setzen wir die Leuchtkraft des Wachses = 100, die des Stearins nach Karmarsch und Heeren = 84,7, so ist die Leuchtkraft der Paraffinkerzen (1.) von Aschersleben (a) = 83,84, (5.) von Aschersleben (b) = 123,8, der (4.) von Weißenfels = 114,3. Wird aber Stearin und Talg nach Rößler = 95 (die Leuchtkraft des Wachses = 100) gesetzt, so kommt für die besten der oben genannten Paraffinkerzen eine Leuchtkraft von beinahe 139 heraus. Diese Sache verdiente im Interesse der Paraffinindustrie nochmalige genauere Prüfung.

2. Leuchtkraft der flüssigen in verschiedenen Lampen verbrannten Beleuchtungsmittel.

Einen viel stärkeren Einfluß als Dochtstärke, Kerzendicke u. s. w. auf den 182
durch Kerzen erreichbaren Effect hervorzubringen vermögen, übt auf die Leistungen der flüssigen Beleuchtungsmittel der Apparat, d. h. die Lampe, worin sie verbrannt werden. Zwei Leuchtöle können also auf ihre Leuchtkraft nur dann verglichen werden, wenn sie in zwei ganz gleichconstruirten Lampen verbrannt werden.

Karmarsch und Heeren haben über die zwei verbreitetsten Oele Versuche angestellt, das Olivenöl und das raffinirte Rüböl, und fanden, daß sie unter Einhalten der genannten Bedingung ganz gleiche Lichtstärke ergaben.

Leider sind die übrigen fetten Oele und Thran nicht in der wünschenswerthen Vollständigkeit untersucht.

Nach Ure soll die Leuchtkraft von Olivenöl, Südseethran und Wallrathöl sich verhalten wie folgt:

Tabelle IV.

Olivenöl	16,9	oder	100
Südseethran	16,23	»	96
Wallrathöl	25,42	»	150,4

Die flüchtigen Beleuchtungsöle, Photogene, Mineralöl, Solaröl, sind hinsichtlich ihrer Leuchtkraft, verglichen mit Rüböl, ebenfalls von Zinken untersucht worden. Es ist bei dieser Untersuchung freilich zu bemerken, daß es für diese flüchtigen Stoffe besonderer Lampen bedarf, daß man sie also nicht in Lampen von gleicher Construction wie die der gewöhnlichen Oellampen verbrennen kann, in der Vergleichung also ein Element mitwirkt, dessen Einfluß schwer bestimmbar ist. Es kann diese vergleichende Untersuchung nur dann Werth haben, wenn angenommen werden darf, es sei sowohl das Rüböl als die flüchtigen Oele unter den für gute Leistungen günstigsten Bedingungen verbrannt worden.

Tabelle V.

Die Leuchtkraft (d. h. der durch Division des Verbrauchs in die direct gefundene Lichtstärke erhaltene Werth) des Rüböls wurde von Zinken gefunden = 1,374

Im Durchschnitt für Photogen von Aschersleben	= 1,050
» » » » » anderer Fabrik	= 1,028
» » » » » Großmühlingen	= 0,997
» » » » » Weißenfels	= 0,895
» » » » » Lemberg	= 1,085
» » » » » Bitterfeld	= 1,129
» » » » » Bonn	= 0,941
» » » Mineralöl von Lemberg	= 0,987

Wir sehen daraus, daß diese sämmtlich unter dem Rüböl stehen. Setzen wir dieses = 100,00 so ist:

das geringste Photogen . . . . = 65,1

das beste Photogen . . . . = 82,1

Die unter dem Namen Solaröl vorkommenden Leuchtstoffe verhalten sich viel besser.

Die Leuchtkraft derselben nach Zinken ergab

Tabelle VI.

für Rüböl	. . . .	= 1,374
» Solaröl von Aschersleben	. . . .	= 1,266
» » » » anderer Fabrik	. .	= 1,329
» » » Großmühlingen	. . . . . .	= 1,681
» » » Weißenfels	. . . .	= 1,709
» » » Lemberg	. . . .	= 1,465
» » » Bonn	. . . .	= 1,543

Während die geringsten Solarölsorten eine dem Rüböl nahekommende Leuchtkraft besitzen, verhält sich die des besten, desjenigen von Weißenfels, zu der Leuchtkraft des Rüböls wie 100 : 124,3.

Die Untersuchungen auf die Leistungen verschiedener Lampenconstructionen sowohl Peclet's als die von Karmarsch und Heeren haben ergeben, daß die Helligkeit derselben sich zwar nicht so schnell ändert wie etwa beim Talglicht, daß sie aber doch großen Schwankungen, namentlich einer steten Abnahme mit der Dauer des Brennens unterliegen. Dies findet in größerem Maße statt bei Lampen, deren Oelniveau stark schwankt, bei solchen von constantem Niveau ist es dem allmäligen Verkohlen des Dochtrandes zuzuschreiben.

Nach Peclet hat eine Lampe mit intermittirendem Niveau von der ersten bis zur siebenten Stunde des Brennens eine Helligkeitsabnahme von 100 : 32 gezeigt, während andere Lampen in dem nämlichen Zeitzwischenraum nur von 100 bis 96 abnahmen.

Die Versuche von Karmarsch und Heeren über die Leistungen verschiedener Lampen gehören zu den sorgfältigsten Arbeiten, die auf dem Gebiete des Beleuchtungswesens angestellt worden sind. Dieselben wurden im Jahre 1838 ausgeführt, nahmen daher mehrere Lampenconstructionen in ihren Kreis auf, die jetzt ganz antiquirt sind, und es fehlen darin die seither gebräuchlich gewordenen Lampen. Namentlich die Moderateurlampe wird ungern in derartigen Uebersichten vermißt, man darf jedoch annehmen, daß eine gute Moderateurlampe in ihren Leistungen nicht weit von der Carcel'schen Uhrlampe abweicht.

Es war Nro. 1. der nachfolgenden Tab. VII. eine Carcel'sche Uhrlampe mit cylindrischem Brenner, dessen innerer Durchmesser 17, der äußere 23^{mm} beträgt. Breite des Dochtraumes = 3^{mm} mit Zugglas.

Nro. 2. Küchenlampe, massiver Docht, 4^{mm} dick.

Nro. 3. Arbeitslampe (Studirlampe), flacher Docht von 20^{mm} Breite. Weite des Dochtraumes $3^1/_2{}^{mm}$.

Nro. 4. Arbeitslampe wie die vorige, mit Zugglas.

Nro. 5. Tischlampe mit ringförmigem Oelbehälter, Docht halbrund von 31^{mm} (flach gedrückt) und 24^{mm} (gekrümmt) Breite, Dochtraum 3$^1/_4$^{mm} weit, Zugglas.

Nro. 6. Studirlampe, flacher Docht und Sturzflasche. Dochtbreite 21^{mm}, Weite des Dochtraumes 5^{mm}, Zugglas.

Die Angaben der Tabelle sind die Durchschnittszahlen von drei an verschiedenen Abenden vorgenommenen Versuchsreihen. An jeder Lampe wurden 14 Beobachtungen gemacht. Die Lampen waren mit gereinigtem Rüböl gefüllt. Die mittlere Lichtstärke der Carcel-Lampe wurde = 100 angegeben.

Tabelle VII.

	Mittlere Lichtstärke	Oelverbrauch in 6 Stunden	Leuchtkraft. Uhrlampe = 100
1.	100	16 Loth	100
2.	6,6	$2^7/_8$ »	36,8
3.	16,5	$3^7/_8$ »	67,6
4.	22,1	5 »	69,4
5.	42,4	$8^1/_2$ »	77,1
6.	22,2	$5^7/_8$ »	60,4

Um später diese Resultate mit den an Kerzen gewonnenen vergleichen zu können, folgen hier noch die von den Verfassern gemachten Angaben über Wachs- und Talglichte.

Tabelle VIII.

	Lichtstärke. Uhrlampe = 100	Verbrauch in 6 Stunden	Leuchtkraft. Uhrlampe = 100
Wachslichte 6 aufs Pfd.	14,6	$3^3/_4$ Loth	62,2
Talglichte 6 aufs Pfd.	13,2	$4^1/_8$ »	51,2

3. Die Leuchtkraft der Gase.

Auch bei Untersuchungen dieser Verhältnisse ist ein erstes Erforderniß, daß 183
alle zu vergleichenden Gase unter möglichst gleichen Verhältnissen, namentlich in gleichen Brennern verbrannt werden. Aber auch hier ist zu beachten, daß die Brennerweiten und der Druck nicht ganz gleich genommen werden dürfen, wenn man die verschiedenen Gase unter die für ihre Leuchtkraft günstigsten Umstände bringen will.

Wir haben z. B. erfahren, daß Holzgas in weiteren Brennern und bei geringerem Drucke verbrannt werden muß, wenn es günstigere Resultate geben soll, als Steinkohlengas. Es bleiben daher einige Unsicherheiten auch in diesen Bestimmungsmethoden, abgesehen von den allgemeinen Schwächen, die den photometrischen Versuchen ankleben.

Nach Versuchen von Frankland (1—6) haben folgende englische Leuchtgase, wenn wir das vielgebrauchte Newcastle Peltonkohlegas als 100 setzen, die beigesetzten Leuchtkräfte:

Tabelle IX.

1.	Newcastle Peltonsteinkohle	= 100
2.	Hulton Cannelkohle	= 102,8
3.	Newcastle Cannelkohle	= 205,0
4.	Wigan Cannelkohle	= 160
5.	Lesmahago Cannelkohle	= 251
6.	Boghead Cannelkohle	= 302,7
7.	Gute Zwickauer Kohlen, deren Ergebniß in Leipzig mit dem von Peltonkohlen verglichen wurde, lieferten ein Gas	= 110,7
8.	Das Holzgas verhält sich zu dem Münchener Steinkohlengas, welches aus Zwickauer Kohlen fabricirt wird, nach dem Expertenbericht einer Commission des baierischen polytechnischen Vereins = 7,3 : 6,6. Es erhält also in obiger Tabelle die Zahl	= 122,4
9.	Nach Versuchen von Liebig und Steinheil verhalten sich Münchener Steinkohlengas (aus Zwickauer Kohlen) und Holzgas wie 5 : 6, und das Holzgas erhielte die Ziffer	= 136,9
10.	Das Oelgas steht in seiner Leuchtkraft dem Boghead Cannelkohlengas ziemlich nahe. Nach Christison und Turner verhält sich das Oelgas zum Mittel von 6 verschiedenen Steinkohlengasen wie 100 : 272.	= 272

Aus älteren und neueren Untersuchungen geht übereinstimmend hervor, daß die Leuchtkraft des Gases beträchtlichen Unterschieden unterworfen ist, je nachdem der Brenner beschaffen ist, worin es verbrannt wird, und zwar ist festgestellt, daß die Flamme aus Brennern mit doppeltem Luftzug (Argand'schen) die höchste, die Flachflamme etwas mindere, und der Strahl die geringste Leuchtkraft besitzen. Es ist aber nicht nur dies festgestellt, sondern auch daß bei einer und derselben Brennerart und Nummer Verschiedenheiten stattfinden können, je nach dem Druck, unter welchem das Gas ausströmt, und zwar ergeben sich günstigere Leistungen für die meisten Leuchtgase, wenn sie mit geringerem Druck — der freilich seine Grenze hat — ausströmen.

Büchner und Rückeisen haben z. B. die folgende Reihe von Schnittbrennern verschiedener Nummern, in der die höheren Nummern weiteren und tieferen Schnitt bedeuten, untersucht, und folgende sehr wichtige Resultate gefunden. Columne A sind die Nummern der Brenner, B der Consum einer Stunde

in engl. Kubikfußen, der sich in der ersten Versuchsreihe, B′ der, welcher sich in der zweiten Versuchsreihe ergab; C die Lichtstärken durch die Anzahl der Wachskerzen von 11 Zoll Länge ausgedrückt, welchen die Flamme entsprach; C′ dasselbe in der zweiten Versuchsreihe; D die Lichtmenge auf gleiche Gasmengen reducirt; D′ dasselbe nach der zweiten Versuchsreihe, berechnet aus B′ und C′, oder was dasselbe ist, die Lichtmenge, die auf 1 Kubikfuß Gas kommt; E und E′ sind aber die durch Versuche gefundenen Lichtmengen, wenn durch jeden der Brenner pro Stunde 4,5 Kubikfuß Gas gelassen wurden.

Tabelle X.

A	B	B′	C	C′	D	D′	E	E′
0	5,5	—	9	—	1,63	—	6,7	5
1	7,1	5	12,2	6,2	1,71	1,24	7,8	5,7
2	7,0	5,8	12,1	9	1,72	1,55	7,5	7,5
3	8,8	6,5	20,2	12,2	2,29	1,88	10,5	10,5
4	9,5	7,0	25,0	14,0	2,73	2,00	11,5	10,9
5	10,0	8,2	28,6	18,0	2,86	2,19	11,5	11,5
6	10,8	8,6	31,3	23,5	2,90	2,73	11,5	11,5
7	11,3	10,2	34,2	27,5	3,02	2,69	12,9	11,5
8	—	11,2	—	37,2	—	3,32	—	13,3

Es ist zunächst zu den Columnen B und B′ zu bemerken, daß sie die Gasmengen angeben, welche bei einem ungefähren Druck von 13,5 Linien durchgelassen werden konnten, ohne daß die Flamme zum flackernden unruhigen Brennen kam. Vergleicht man die Columnen D und D′ mit jenen E und E′, so ergiebt sich daraus, daß das Gas aus engeren Schnittbrennern gebrannt viel weniger Licht giebt als aus weiteren, daß ferner, wie E und E′ beweisen, man besser thun wird, weite Brenner aufzusetzen, aber durch unvollständiges Oeffnen des Hahnes es dennoch zu bewirken, daß nur eine geringe Menge Gas ausströmen kann. Weil das letztere Mittel zur Erreichung besserer Leistungen in den Händen, die sich mit dem Anzünden zu befassen haben, oft sehr unzuverlässig gehandhabt wird, hat man ein einfaches Mittel erdacht, das die gleichen Dienste sicherer thut. Man legt unter den Brenner in das Rohr ein Metallplättchen, worin eine Oeffnung eingeschlagen ist, die weniger Gas durchläßt als der Brenner, der in der Regel bei ganz geöffnetem Hahn mehr Gas durchläßt, als dem Erforderniß, um den günstigsten Effect zu erhalten, entspricht. Auch hat man Doppelhähne angebracht, wovon der untere unvollkommen, der obere aber ganz geöffnet wird, um die Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases zu mindern.

Frick fand, daß dieselbe Gasmenge (1 Kubikfuß) in verschiedenen Brennern verbrannt sehr weit auseinander liegende Effecte gab, die er in Münchener Wachskerzen, deren eine 9,252 Grm. stündlich verzehrte, ausdrückt, und zwar:

Tabelle XI.

1. In einem großen porzellanenen Argandbrenner von 30 Löchern in einem Kreise von 16,5^{mm} Durchmesser, Mittel von 6 Versuchen 2,81
2. Großer Schnittbrenner, Mittel von 6 Versuchen 2,43
3. Kleiner Schnittbrenner, » » » » 1,31
4. Zweilochbrenner (Fischschwanzbrenner), Mittel von 6 Versuchen . . 1,97.

Auch hier also wieder der Beweis, daß die Leuchtkraft eines Gases gesteigert werden kann durch Anwendung weiterer Flachbrenner derselben Gattung oder namentlich durch Argandbrenner.

184 Die Schwierigkeiten und die Unsicherheit wachsen in starkem Maße, wenn man die Leistungen der Kerzen, der flüssigen Beleuchtungsmittel und der Leuchtgase unter einander vergleichen will. Alles was in dieser Beziehung seither an Uebersichten gegeben wurde, enthält nur annähernde Angaben; in den nachfolgenden Tabellen liegt ein Versuch einer möglichst vollständigen und der Wahrheit genäherten Uebersicht vor.

Stellen wir zunächst das Material zusammen zur Vergleichung fester und flüssiger Beleuchtungsmittel, zugleich mit den nothwendigen Daten für die später vorzunehmende Kostenberechnung.

Tabelle XII.

	Beleuchtungsmittel	A. Material-verbrauch pro Stunde	B. Durchschnittliche Lichtstärke, eine ausgewählte Wachskerze = 100 genommen	C. Helligkeit von 10 Grm. des Materials berechnet aus A und B	D. Leuchtkraft Wachskerzen = 100
S. Tab. II. Den Consum umgerechnet in Grammgewicht*).	Wachs . .	9,027 Grm.	102,0	112,99	100,00
	Stearinsäure	9,945 »	95,5	96,03	84,10
	Wallrath .	8,874 »	108,3	123,17	108,20
	Talg . . .	8,874 »	90,25	101,70	90,00
S. Tab. III. Den Consum hier eingetragen.	Paraffin, geringste . .	8,496 »	—	94,69	83,84
	Dergl. beste	5,838 »	—	139,87	123,80

Suchen wir zwischen den starren und flüssigen Beleuchtungsmitteln als Verbindungsglied die Angabe von Karmarsch und Heeren, Tab. VIII, nach welcher sich die Helligkeit des Rüböls in der Uhrlampe verbrannt zu der des Wachses bei angegebenem Consum = 100 : 14,6 verhält, d. h. rechnen wir dies Verhältniß in der Weise um, daß Wachs = 100 gesetzt wird, und suchen wir für

*) 1 Loth hannov. = 15,300 Grm.

einige der gebräuchlicheren Lampen die Leistungen für Rüböl (und was gleichbedeutend ist Olivenöl), führen wir ferner die von Zinken für die Photogene und Solaröle angegebenen Werthe, die er in guten dafür geeigneten Lampen verbrennend mit gereinigtem Rüböl in einer guten Moderateurlampe (was wohl einer Uhrlampe gleichkommt) verbrennend verglich, in der Weise ein, daß wir die direct von ihm gewonnenen Zahlen auf die dem Rüböl in unserer Tabelle zukommende zurückführen, so erhalten wir folgende Fortsetzung der Tabelle XII:

Quelle	Beleuchtungsmittel	A. Consum pro Stunde	B. Durchschnittliche Lichtstärke. Normalwachskerze = 100	C. Helligkeit von 10 Grm. Material berechnet aus A u. B	D. Leuchtkraft Wachskerzen = 100
S. Tab. VII.	Rüböl, gereinigt, oder Olivenöl in einer Uhrlampe oder guten Moderateurlampe verbrannt	40,69 Grm.	694	170,07	159,3
	Desgl. in einer Küchenlampe verbrannt . .	7,33 „	45,67	62,30	55,1
	Desgl. in einer Studirlampe ohne Zugglas mit flachem Docht . . .	9,86 „	114,18	115,80	102,5
S. Tab. V. und VI. Den Consum hier eingerechnet.	Photogen, bestes . . .	20,02 „	—	149,03	131,9
	Solaröl, bestes . . .	26,82 „	—	225,64	199,7

Wir können eine Vergleichung der Leistungen verschiedener Leuchtgase und Brenner mit den festen und flüssigen Leuchtmaterialien in folgender Weise bewerkstelligen. Zu den Versuchen von Frick, Tab. XI. diente eine Wachskerze. Der Consum wurde im Mittel der zwei zu den Versuchen gebrauchten Kerzen zu 9,252 Grm. pro Stunde gefunden. Der Consum der Wachskerzen, deren sich Karmarsch und Heeren bedienten, beträgt im Mittel nach Tab. XII. 9,0274 Grm. stündlich. Man darf, ohne größere Fehler zu begehen als in der Natur der Beobachtungen und Berechnungen liegen, die eine Kerzenart als gleichwerthig mit der andern betrachten, und so werden wir im Nachfolgenden thun.

Wenn also in Tab. XI. gesagt ist, daß 1 Kubikfuß Gas im Fischschwanzbrenner verbrannt eine Helligkeit von 1,97 Wachskerzen gab, und wenn wir aus Tab. XII. erfahren, daß man mit einer Wachskerze von (beinahe) gleichem Consum eine Helligkeit zu erzeugen im Stande ist, die = 100, so heißt das soviel als daß 1 Kubikfuß Gas unter genannten Umständen verbrannt eine Lichtmenge giebt, die $= 1,97 \times 100 = 197$ ist.

Das Uebrige auf der nachfolgenden Tafel wird verständlich werden, wenn

wir annehmen, daß Frick in Freiburg zu seinen Versuchen, Tab. XI. sich eines Steinkohlengases bediente, das in seinem Leuchtvermögen auf der Höhe des gewöhnlichen englischen Steinkohlengases (in unserer Tabelle IX. Newcastle Peltonkohle) steht. Es werden die durch die verschiedenen Brenner erhaltenen Resultate dann sich erhöhen unter der Annahme, daß ein besseres, z. B. Bogheadgas, gebraucht worden, und zwar in dem letzteren Falle um $\frac{302,7}{100}$.

1 Kubikfuß Gas bringt folgende Helligkeit hervor (die einer Wachskerze oder Tab. XII. = 100 gesetzt):

Tabelle XIII.

	Zweilochbrenner Nro. 4 auf Tab. XI.	Kleiner Schnittbrenner Nro. 3 auf Tab. XI.	Großer Schnittbrenner Nro. 2 auf Tab. XI.	Argandbrenner Nro. 1 auf Tab. XI.
1. Gewöhnliches Steinkohlengas, z. B. von Newcastle Peltonkohle, Tab. IX., 1.	197	131	243	281
2. Zwickauer Kohlengas, Tab. IX., 7.	216,7	144	267,3	309
3. Holzgas, Mittel der beiden Bestimmungen Tab. IX., 8. und 9. . .	253,3	160	315,6	374,1
4. Bogheadgas, Tab. IX., 6.	590,2	396,5	735,5	850,5
5. Oelgas, Tab. IX., 10. .	535,8	356,3	660,9	764,3

Man kann mittelst der Tab. XII. berechnen, wie viel ein Beleuchtungsmittel pro Stunde kostet, wenn man Columne A den stündlichen Consum in Grammen in die Anzahl Gramme dividirt, die das Civilpfund oder (bei Stearin-, Wachs-, Paraffin- und Wallrathkerzen) das Nettopfund ohne Verpackung enthält, und den Quotienten dividirt in die Geldsumme, die 1 Pfd. des Leuchtmaterials kostet, z. B.

Eine Wachskerze consumire pro Stunde 9 Grm., und das Nettopfund wiege 450 Grm., so ist $\frac{450}{9} = 50$. Es wird der funfzigste Theil des Pfundes verbraucht, also auch der funfzigste Theil des Ankaufspreises eines Pfundes des Leuchtstoffes. Es sei dieser z. B. = 1 Fl. rheinl. oder 214 Ctms. = 17 Sgr. 2 Pf., so kostet die Beleuchtung mit einem Wachslicht pro Stunde 1,2 Xr. oder 4,28 Ctms. oder 4,10 Pf.*).

*) In Wirklichkeit erleidet das auf diese Art der Berechnung gegründete Resultat bei Kerzenbeleuchtung eine wesentliche Modification, indem zu Anfang und zu Ende des Brennens einer Kerze einiges Material ohne erhebliche Leistung verzehrt wird.

Kostet das Pfund gereinigtes Rüböl 20 Xr. oder 71 Ctms. oder 5 Sgr. 8 Pf., so betragen die Kosten der Beleuchtung mit einer Uhrlampe (Moderateurlampe beinahe gleich), welche 40,69 Grm. stündlich verzehrt, wenn das Pfund, wie z. B. das Zollpfund, 500 Grm. hat, $\left(\frac{500}{40,69} = 12,28\right) = \frac{20 \text{ Xr.}}{12,28} = \frac{71 \text{ Ctms.}}{12,28} = \frac{68 \text{ Pf.}}{12,28}$, das ist 1,62 Xr. = 5,79 Ctms. oder 5,54 Pf., in der Küchenlampe aber, die 7,33 Grm. stündlich verzehrt, $\left(\frac{500}{7,33} = 68,2\right) = \frac{20 \text{ Xr.}}{68,2} = \frac{71 \text{ Ctms.}}{68,2} = \frac{68 \text{ Pf.}}{68,2}$ oder 0,29 Xr. = 1,03 Ctms. = 0,99 Pf.

Es kostet also pro Stunde die Beleuchtung

	mit einem Wachslicht	mit Rüböl in der Uhrlampe	mit Rüböl in der Küchenlampe
Kreuzer	1,2	1,65	0,29
Centimes	4,28	5,79	1,03
Pfennige	4,10	5,54	0,99

Nimmt man also keine Rücksicht auf den Grad der Helligkeit, der durch diese Mittel hervorgebracht wird, so ist die Beleuchtung mit der Uhrlampe die theuerste, die mit der Küchenlampe die wohlfeilste. Ganz anders stellt sich die technische Frage nach der Leistungsfähigkeit der drei angeführten Beleuchtungsarten.

Man erzeugt aber nach Rubrik B. der Tab. XII. für die genannten Preise während 1 Stunde eine Helligkeit

mit der Wachskerze . . . . = 100
mit der Uhrlampe . . . . = 694
mit der Küchenlampe . . . . = 45,67

Will man die Kosten der drei Beleuchtungsarten bei gleicher Helligkeit erfahren, so sind die Kosten pro Stunde mit 1000 vermehrt durch die Lichtstärken zu dividiren, und man hat eine Lichtmenge von 1000 = der von 10 Wachskerzen,

100 : 4,28 Ctms. = 1000 : x = 42,8 Ctms. für Wachsbeleuchtung,
694 : 5,79 » = 1000 : x = 8,19 » » Uhrlampenbeleuchtung,
45,09 : 1,03 » = 1000 : x = 25,7 » » Küchenlampenbeleuchtung,

oder will man erfahren, wie viel Licht sich bei gleichen Kosten erhalten läßt, so wird in die verhundertfachte Lichtmenge durch die stündlichen Kosten dividirt, und man hat für 100 Centimes folgende Lichtmengen:

Für die Wachskerze	Für die Uhrlampe	Für die Küchenlampe
$\frac{100 \times 100}{4,28} = 2336$	$\frac{694 \, . \, 100}{5,79} = 11986$	$\frac{45,67 \, . \, 100}{1,03} = 4434$

Es ist also das Licht der Wachskerze bei weitem das theuerste der drei, und die Küchenlampe liefert theureres Licht als die Uhrlampe. Nicht zu vergessen, daß man mit der Uhrlampe, ja selbst mit der Moderateurlampe einen theureren und größerer Sorgfalt bedürfenden Apparat hat.

Aus der Tab. XIII. ergeben sich direct die Kosten der verschiedenen Leucht-

gasarten bei Anwendung verschiedener Brenner, sobald man den Preis von 1000 Kubikfuß weiß. Es kosten z. B. 1000 Kubikfuß Bogheadgas 4 Thaler = 7 Fl. = 15 Frcs., 1000 Kubikfuß gewöhnliches Steinkohlengas 2 Thaler = $3^1/_2$ Fl. = $7^1/_2$ Frcs., so erhält man für den Preis, den man für die 1000 Kubikfuß gemeines Steinkohlengas bezahlt, eine Helligkeit von 197 mit dem Zweilochbrenner, und vom Boghead eine Helligkeit von 535,8. Die Preise verhalten sich wie 1 : 2, während die Leistungen im Verhältniß von 1 : 2,71 stehen oder für den gleichen Effect, den ich mit 1000 Kubikfuß Bogheadgas erhalte, habe ich 2710 Kubikfuß Steinkohlengas nöthig. Es kostet das Bogheadgas aber in unserm Beispiel 4 Thaler oder 15 Frcs., die photometrisch äquivalente Menge gewöhnlichen Steinkohlengases aber 5,72 Thaler oder 21,45 Frcs.

In ganz ähnlicher Weise kann der Effect verschiedener Brenner bei gleichen Gasen oder verschiedener Brenner bei verschiedenen Gasen verglichen werden.

Handelt es sich aber darum, das Verhältniß der Kosten eines flüssigen oder festen Beleuchtungsmittels und eines Leuchtgases zu ermitteln, so liegen dazu ebenfalls die Elemente in den Tabellen XII. und XIII.

Es sei z. B. die Frage, ob in einer Stadt an der Stelle von Rübölbeleuchtung in Lampen mit flachem Dochte ohne Zugglas (die in ihren Leistungen derjenigen sehr nahe stehen, die als »Studirlampe« in Tab. XII. aufgezählt ist) Photogenbeleuchtung oder Holzgasbeleuchtung eingeführt werden solle. Das Pfund Rüböl koste 70 Ctms., das Holzgas pro 1000 Kubikfuß 15 Frcs. = 7 Fl. = 4 Thlr., das Schieferöl-Photogen koste 80 Ctms. oder 22,4 Xr. pro Pfund à 500 Grm.

Es läßt sich nach Tab. XII. mit 100 Grm. Rüböl in genannter
Lampe eine Helligkeit von 1158
mit 100 Grm. Photogen eine Helligkeit von 1490
nach Tab. XIII. mit 10 Kubikfuß Holzgas im Zweilochbrenner
Nro. 4 eine Helligkeit von 2533

hervorbringen, es kosten aber 100 Grm. Rüböl $\frac{70}{5} = 14$ Ctms.

100 » Photogen $\frac{80}{5} = 16$ Ctms.

10 Kubikfuß Holzgas = 14 Ctms.

Dividirt man mit diesen Preisen in die Lichtmenge

	Rüböl		Photogen		Holzgas
	$\frac{1158}{14}$	:	$\frac{1490}{16}$	:	$\frac{2533}{14}$
so erhält man	8,27	:	9,31	:	18,1

die relativen Effecte bei gleichen Kosten, oder wenn man in die vertausendfachten Preise dividirt mit den Lichtmengen, so erhält man die Kosten bezogen auf eine Lichtmenge = 1000

für Rüböl	für Photogen	für Holzgas
11,05	10,74	6,55 Ctms. Kosten.

Wären drei einzelne Flammen dieser Beleuchtungsarten zu vergleichen, so hätte man zu fragen, 1. was consumirt jede pro Stunde, 2. was kostet das con-

sumirte Material, 3. was wird mit diesen Kosten geleistet? Bei Ausführung dieser Rechnungen findet sich nicht das Geringste, was noch näher zu erklären wäre.

Es werden gewöhnlich die Betrachtungen über die Leistungsfähigkeit der Beleuchtungsmittel geschlossen mit einer Uebersichtstabelle der Beleuchtungskosten. In dieser spielen, wie begreiflich, die Preise das Hauptelement. Die Preisverschiedenheiten sind aber für ein und dasselbe Beleuchtungsmittel ganz enorm, so daß bei nicht gründlichem Vergleichen der Grundlagen der Rechnung leicht grobe Mißverständnisse für den Leser solcher Tabellen entstehen, und jeder, der für die Verhältnisse seines Wohnortes Folgerungen daraus ziehen will, genöthigt ist, umzurechnen. Wir lassen eine solche Uebersicht daher, weil sie uns eine mehr nachtheilige als nützliche Beigabe erscheint, weg. Um nur ein Beispiel von den groben Schwankungen der Zahlenresultate zu geben, die man bei solchen Berechnungen erhält: Das Steinkohlengas in Hannover, womit Heeren seine Untersuchungen über die verschiedene Leistungsfähigkeit der Brenner ausführte, kostet pro 1000 Kubikfuß $1^2/_3$ Thlr. = 6 Frcs. 25 Ctms., während z. B. in Yverdon die Vertragsbestimmung 53 Ctms. pro Kubikmeter, das ist 15,14 Frcs. pro 1000 Kubikfuß festsetzt. Der Unterschied ist beinahe gleich 1 : $2^1/_2$. Nicht in so weiten Grenzen zwar, aber immerhin beträchtlich genug sind die Schwankungen der Oelpreise, die sich auf oft mehr als 60 Proc. belaufen.

Wie die Tabellen XII. und XIII. zu benutzen sind, um annähernde Kostenüberschläge über Beleuchtungsarten zu machen, ist aus den obigen Beispielen deutlich zu entnehmen.

Anhang.

Nachweisung der bedeutenderen literarischen Hülfsmittel.

I. Das Wesen der Flamme.

Hilgard, Untersuchungen über die Flamme. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 92, S. 129.

Landolf, Ueber die chemischen Vorgänge in der Flamme des Leuchtgases. Poggendorff's Annalen der Physik Bd. 99, S. 389.

II. Fettsäuren.

Chevreul, Recherches chimiques sur les corps gras.

Stearinsäure.

Redtenbacher, Untersuchung über die Eigenschaften und Zusammensetzung. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 35, S. 46.

Heintz, Zusammenstellung seiner Untersuchungen über die Fette. Journal für praktische Chemie von Erdmann und Werther Bd. 66, S. 1.

Palmitinsäure und Margarinsäure.

Heintz, Vorkommen derselben im Hammeltalg und Rindstalg. Poggendorff's Annalen der Physik Bd. 87, S. 555 und Bd. 89, S. 579.

Varrentrapp, Untersuchung der Margarinsäure. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 35, S. 65.

Collet, Untersuchung der festen Säure des Olivenöls. Journal für praktische Chemie Bd. 64, S. 108.

Fremy, Untersuchung des Palmöls. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 36, S. 44.

Stenhouse, Untersuchung des Palmöls. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 36, S. 50.

Schwarz, Untersuchung des Palmöls. Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 60, S. 69.

Oelsäure.

Varrentrapp, Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 35, S. 196.

Bromeis, Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 42, S. 55.

Gottlieb, Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 57, S. 38.

Man vergleiche über die fetten Säuren die Artikel: Palmitinsäure, Stearinsäure und Oelsäure im Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie von Liebig, Wöhler, Poggendorff, Redaction von v. Fehling.

III. Fettbasen.

Glycerin.

Düffy, Ueber die Constitution des Stearins. Chemical Society Quarterly Journal Bd. 5, S. 303. Journal für praktische Chemie Bd. 58, S. 358.

Constitution des Glycerins.

Berthelot, Annales de chimie et de physique 3. Reihe, Bd. 41, S. 319.
Gerhardt, Traité de chimie organique Band 3. S. 948.
Würz, Annales de chimie et de physique 3. Reihe, Bd. 43, S. 492.
Berthelot et Luca, Annales de chimie et de physique 3. Reihe, Bd. 44, S. 350.

Cetyloxyd.

Dumas et Stas, Annales de chimie et de physique Bd. 73, S. 124.
Frideau, Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 80, S. 117.

Myricyloxyd und Cerotyloxyd.

Untersuchungen von Brodie über das chinesische Wachs. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 67, S. 199 ff.
Brodie, Ueber die chemische Natur des Bienenwachses. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 67, S. 180 und Bd. 70, S. 144.

IV. Glyceride.

Die Zusammensetzung der hauptsächlichsten.

Berthelot, Comptes rendus hebdomad Bd. 37, S. 395. Journal für praktische Chemie von Erdmann und Werther Bd. 60, S. 193.

V. Talgschmelzen.

Vorrichtungen zum Talgsieden. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 16, S. 263.
Appert, Methode Talg in verschlossenen Gefäßen zu schmelzen. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 31, S. 454.
Zusammenstellung verschiedener Methoden des Talgschmelzens. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 78, S. 318.
Lefebvre, Verfahren Talg zu schmelzen. Journal für praktische Chemie von Erdmann Bd. 6, S. 251.
Evrard, Methode Talg zu schmelzen. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 120, S. 204.
Faißt, Prüfung der Verfahren von Evrard und Lefebvre. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 122, S. 378.
Stein, Talgschmelzen ohne Geruch. Polytechnisches Centralblatt 1855, S. 449.
Grodhaus und Fink, Talgschmelzen ohne Geruch. Polytechnisches Centralblatt 1857, S. 123.
Fouché, Apparat zum Ausschmelzen des Talges. Polytechnisches Centralblatt 1857, S. 129.

VI. Palmölbleichen.

Zier, Ueber Palmölbleichen. Journal für praktische Chemie von Erdmann Bd. 14, S. 41.
Payen, Methode Palmöl zu bleichen. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 81, S. 302.
Cameron, Methode Palmöl zu bleichen. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 91, S. 611.

VII. Thranreinigen.

Reinigen des Thrans durch thierische Kohle. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 8, S. 504; ibid. Bd. 46, S. 435.

Davidson, Mittel zum Desinficiren des Thranes. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 77, S. 66.

Girardin und Preißer, Mittel zum Reinigen des Thranes. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 85, S. 455.

VIII. Oelgewinnung und Raffinirung.

Haindl, Maschinen um Oel zu gewinnen. Baierisches Kunst- und Gewerbeblatt 1843, S. 295.

Karmarsch, Vergleichung der holländischen mit der hydraulischen Presse. Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover 1844, S. 28.

Karmarsch, Ueber Preise von Oelen und Rübsamen. Polytechnisches Centralblatt 1848, S. 138.

Armengaud, Huilerie; machines et appareils en usage dans cette fabrication. Armengaud publications industrielles Tom. X. (1857) p. 179.

Bodmer, Oelpresse. Schweizerische polytechnische Zeitschrift, Jahrgang 1859, S. 5.

Cogan, Ueber das Läutern des Rüböls. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 34, S. 41; Bd. 39, S. 220, und Bd. 67, S. 237.

Schmidt, Reinigung des Oels. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 98, S. 195.

IX. Stearinsäurefabrikation.

Fremy, Ueber die Wirkung der Schwefelsäure auf die Oele. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 19, S. 292. Auf andere fette Körper Bd. 20, S. 50.

Jacquelin, Ueber die Stearinsäurefabrik von Jaillon Monnier u. Comp. in La Vilette bei Paris. Polytechnisches Centralblatt 1852, S. 1003 und 1071.

Gaultier de Claubry, Ueber die Darstellung der Fettsäuren in der Fabrik von Masse und Tribouillet. Polytechnisches Centralblatt 1851, S. 1393.

Wilson, Childs und Jackson, Verbesserungen in der Darstellung der Fettsäuren. Mechanics Magazine Bd. 56, S. 377.

Stas, bougies steariques Rapports du jury mixte international de l'exposition universelle de 1855. Paris 1856. p. 486. Vol. I.

X. Flüchtige Beleuchtungsmittel durch trockne Destillation erhalten.

P. Wagenmann, Fabrikation von Paraffin und flüchtigen Kohlenwasserstoffen. Polytechnisches Centralblatt 1855, S. 500; ferner 1856, S. 811 und S. 1085; ferner 1857, S. 1382; ferner 1859, S. 1239.

Kane und Sullivan, Ueber Gewinnung von Paraffin und flüssigen Beleuchtungsmitteln aus Torf in Irland. Polytechnisches Centralblatt 1856, S. 39.

Müller, Photogen- und Paraffinfabrikation. Polytechnisches Centralblatt 1857, S. 769.

H. Vohl, Ueber die Producte der trocknen Destillation der Braunkohlen. Polytechnisches Centralblatt 1856, S. 688; der Blätterschiefer ibid. 1009; ferner 1857, S. 1496 und 1575; ferner 1858, S. 1499.

Unger, Ueber die trockne Destillation der Braunkohlen und anderer bituminöser Fossilien. Polytechnisches Centralblatt 1859, S. 453.

H. Perutz, Die Retortenofen der Photogen- und Paraffinfabrik Wilhelmshütte bei Oschersleben. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 155, S. 56.

XI. Kerzenfabrikation.

Jacquelin, Beschreibung der Fabrik in La Vilette. Polytechnisches Centralblatt 1852. S. 1031 und 1071.

Kendall, Vorrichtung zum Gießen der Kerzen. Polytechnisches Centralblatt 1853, S. 1194.
Wedding, Polirvorrichtung für Stearinkerzen. Polytechnisches Centralblatt 1853, S. 1318.

XII. Gasbeleuchtung.

Allgemeines.

Samuel Hughes, A treatise on gas-works London 1853.
Samuel Clegg, A practical treatise on the manufacture and distribution of coal gas. 3. edition London 1859.
Ed. Servier, Ingenieur civil. Traité pratique de la fabrication et de la distribution du gaz d'eclairage (französische Uebersetzung des vorigen Werkes mit Annotationen vom Uebersetzer. Paris 1860).
N. H. Schilling, Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung München 1860.
Sh. Muspratt, Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe. Artikel: Gasbeleuchtung. Deutsche Ausgabe von Stohmann und Gerding. 1856. Braunschweig.
A. Payen, Précis de chimie industrielle. Paris.

XIII. Einzelnes über Betrieb und Apparate der Steinkohlengasbereitung in:

N. H. Schilling, Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten. 5 Jahrgänge. 1858 — 1861, München.
Heeren, Die Einrichtung der Gasuhren. Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover.

XIV. Ueber Gasbeleuchtung mit anderen Materialien.

M. Pettenkofer, Ueber Holzgasbeleuchtung. Gelehrte Anzeigen der königl. baier. Akademie der Wissenschaften 1857, Nr. 53 und 54.
Stammer, Ueber Holzgas. Polytechnisches Centralblatt 1860, S. 776. Ueber den gleichen Gegenstand. Polytechnisches Centralblatt 1854, S. 381, 641, 1433.
Frankland, Ueber Whites Hydrocarbongas. Unter dem Titel: Beiträge zur Kenntniß des Processes der Gasbereitung. Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 82, S. 1.
Th. Bromeis, Ueber Wassergas. Polytechnisches Centralblatt 1859, S. 955.
Verver, L'éclairage au gaz à l'eau à Narbonne et l'éclairage au gaz Leprince examinés et comparés. Leide 1858.

Leuchtkraftbestimmung.

Schubarth, Preis der Beleuchtung mit Wachs und Stearin. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen 1841; auch Polytechnisches Centralblatt 1842, S. 5.
Karmarsch und Heeren, Ueber Kerzenbeleuchtung. Polytechnisches Centralblatt 1842, S. 305.
Rößler, Leuchtkraft der Kerzen. Polytechnisches Centralblatt 1850, S. 34.
Karsten, Ueber Helligkeit der Beleuchtung mit Photogen, Oel, Talg- und Stearinkerzen. Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen 1854; auch Polytechnisches Centralblatt 1854, S. 482.
Karmarsch und Heeren, Vergleichung von Rüböl und Baumöl als Beleuchtungsmittel. Polytechnisches Centralblatt 1841, S. 268.
Heeren, Versuche über die Wirkung verschiedener Gasbrenner. Polytechnisches Centralblatt 1855, S. 870.

Büchner und Rükeisen, Versuche mit verschiedenen Gasbrennern. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 136, S. 369.

Frick, Nutzeffect verschiedener Gasbrenner. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 136, S. 305.

Fyfe, Neues Verfahren der Leuchtkraftbestimmung (Bunsen's Photometer). Polytechnisches Centralblatt 1849, S. 674.

Bestimmung der Leuchtkraft von Holz- und Steinkohlengas. Kunst- und Gewerbeblatt für das Königreich Baiern; auch Polytechnisches Centralblatt 1852, S. 826.

Zinken, Ueber die Leuchtkraft von Photogen, Solaröl und Paraffinkerzen. In Schilling's Journal für Gasbeleuchtung mehrere Aufsätze.

Inhalt.

Percy, John, Die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legirungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung. Uebertragen und bearbeitet von Dr. F. Knapp. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Erschienen ist: Ersten Bandes erste Hälfte. Preis 1 Thlr. 15 Sgr.

Ryan, Dr. John, Die Zubereitung von Flachs, Flachsbaumwolle und Flachswolle, nach dem Claussen'schen Verfahren; nebst einer Beschreibung der dabei angewendeten chemischen und mechanischen Hülfsmittel, und Claussen's Bleichmethode für vegetabilische Fasern, Garne und gewebte Stoffe. Deutsch herausgegeben von Theod. Kell. Mit Holzstichen. geh. (Siehe auch Claussen.) Preis 20 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Lehrbuch der Metallurgie mit besonderer Hinsicht auf chemische und physikalische Principien. In zwei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Velinpap. geh. Erschienen ist: Erster Band complet in 7 Lieferungen; zweiter Band 1. und 2. Lieferung. à Lieferung 15 Sgr.

Schenck, Dr. Ernst, Rationelle Torfverwerthung. Ein Leitfaden für die Anlage von Torfdarr- und Torfverkohlungsöfen, und für die Construction von Torfverdichtungs-Maschinen. Mit einem Vorwort von Dr. K. Karmarsch. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 20 Sgr.

Schubert, Eduard, Der rationelle Brennereibetrieb. Enthaltend gründliche Anweisung zur Ausführung der besten Einmaischmethoden, wodurch der grösstmöglichste Vergährungsgrad der Maische, mithin der grösste Spiritusertrag und zwar von einigermaassen gutem Materiale allermindestens 10 Procent Alkohol vom Quartmaischraum erzielt wird, sowie zur Bereitung bewährter Kunsthefen, des Filz- und Schaufelmalzes, der Presshefe etc.; nebst Darstellung eines in neuester Zeit zweckmässig construirten Destillir-Apparates. Nach eigenen langjährigen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorwort von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Schubert, Eduard, Praktisches Recept-Taschenbuch für Destillation. 750 Recepte zur Bereitung aller Sorten Liqueure, der Doppel- und Einfach-Branntweine auf warmem wie auf kaltem Wege; Bereitung des Schweizer-Absynth, der Magen-Tropfen, -Essenzen und -Elixire, der Punsch- und Grog-Extracte, der Fruchtweine, der Rum's, Arac's, Cognac's und Franzbranntweine, der Fruchtsäfte, der aromatischen Essenzen, -Sprite und -Wasser, der wohlriechenden Essenzen, der Eau de Cologne, der Toilettenwasser und der Räucheressige. Mit Anleitung zur Destillation etc. nebst Darstellung der gebräuchlichen Destillirapparate sowie des in neuester Zeit construirten Fein-Sprit-Apparates. Zum Gebrauche für Branntweinbrenner, Destillateure, Kaufleute, Conditoren, Schenk- und Gastwirthe. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Reductions-Tabelle für Oesterreichisches Maass und Gewicht. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Stölzel, Dr. C., Die Entstehung und Fortentwickelung der Rübenzuckerfabrikation und insbesondere die Concurrenz zwischen Rohr- und Rübenzucker. gr. 8. geh. Preis 15 Sgr.

Varrentrapp, Dr. F., Die Seifenfabrikation. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Vogelgesang, Moritz, Lehrbuch der Eisenemaillirkunst. Mit 2 Kupfertafeln in gross Folio. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Walkhoff, Louis, Der praktische Rübenzuckerfabrikant. Ein Lehr- und Hülfsbuch für Rübenzuckerfabrikanten, Betriebsdirigenten, Siedemeister, Maschinenbauer, Ingenieure, Landwirthe und Studirende an landwirthschaftlichen Lehranstalten. Nach eigenen langjährigen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorwort vom Prof. Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen, nach Originalzeichnungen der neuesten und besten Constructionen aller Apparate der Rübenzuckerfabrikation. Zweite sorgsam durchgesehene und vermehrte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 25 Sgr.